



Area Urbanistica

Servizio Pianificazione urbanistica generale e attuativa

PG/2026/733780 del 07/07/2026

Alla Giunta Regionale della Campania
Direzione Generale Protezione Civile e Uffici territoriali del Genio Civile
214.02.00 - Genio Civile di Napoli
Pec: geniocivile@pec.regione.campania.it

e p.c.:

Al Vicesindaco e Assessore all'Urbanistica

OGGETTO: Richiesta parere di competenza in ordine alla Variante urbanistica finalizzata alla salvaguardia dell'offerta abitativa nel centro storico mediante la definizione delle condizioni per i cambi di destinazione d'uso nella categoria funzionale "residenziale" di cui all'art. 23ter del Dpr 380/2001 ss.mm.ii. - **Trasmissione integrazioni in riscontro alla nota Prot. n. 0449567/2026 del 15.05.2026**

Con riferimento alla nota in oggetto, acquisita al protocollo interno con nota PG/558753 del 18.05.2026, con la quale codesto Genio Civile richiedeva integrazioni in ordine alla Variante urbanistica in argomento per l'espressione del parere di propria competenza, si trasmette in allegato la seguente documentazione:

1. parere favorevole dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale;
2. relazione geologica sottoscritta dal dott. Geologo Gennaro D'Agostino (comprensiva di indagini geognostiche) attestante la compatibilità delle previsioni contenute nella proposta di Variante con le condizioni geomorfologiche del territorio interessato per le finalità di prevenzione del rischio sismico;
3. carta idrogeologica ai sensi della L.R. 9/83 allegata alla relazione;
4. cartografie di microzonazione sismica del territorio ICMS 2008, allegata e sottoscritte dal Geologo.

Si ricorda che la Variante in argomento opera, nella sostanza, un mero adeguamento normativo alla disciplina introdotta dal Decreto Salva Casa attraverso la modifica di alcuni articoli delle norme di attuazione della disciplina urbanistica vigente.

Nello specifico, la suddetta Variante:

- non approva progetti o opere direttamente incidenti su suolo e sottosuolo;
- non determina nuovo carico insediativo;
- non introduce nuove possibilità edificatorie;
- non determina specifiche nuove destinazioni d'uso urbanisticamente rilevanti, ma conferma i limiti ai cambi di destinazione d'uso verticali già vigenti in centro storico;
- non modifica le destinazioni compatibili nelle tipologie del centro storico.

Fiduciosi che quanto prodotto ad integrazione della nota precedente risulti esaustivo e chiarificatorio rispetto alla non incidenza della presente Variante sulle condizioni di compatibilità geologica, geomorfologica e sismica del territorio, si resta in attesa di un cortese riscontro.

Il Dirigente
arch. Andrea Ceudech





Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale

Vs. rif. PG/2026/541507 del 12/05/2026
PG/2026/563582 del 19/05/2026

Al Comune di Napoli
Area Urbanistica - Servizio Pianificazione
Urbanistica generale e attuativa
c.a.: Dirigente Arch. Andrea Ceudech
urbanistica.attuativa@pec.comune.napoli.it

e p.c.:

Al Vicesindaco e Assessore all'Urbanistica
Arch. Laura Lieto
assessorato.benicomuni@pec.comune.napoli.it

Oggetto: Variante urbanistica finalizzata alla salvaguardia dell'offerta abitativa nel centro storico mediante la definizione delle condizioni per i cambi di destinazione d'uso nella categoria funzionale "residenziale" di cui all'art. 23ter del Dpr 380/2001 ss.mm.ii. - **PARERE**

Preliminarmente si premette che:

- l'esame istruttorio delle istanze di parere formulate a questa Autorità è condotto, con riferimento ai Piani di Gestione Distrettuali delle Acque (PGA) e del Rischio di Alluvioni (PGRA) ed ai vigenti Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatti dalle ex Autorità di Bacino, con specifico riguardo a quelli pertinenti per l'ambito territoriale (Unit of Management - UoM) in cui ricadono le opere/interventi oggetto dell'istanza (acquisibili dal portale istituzionale: www.distrettoappenninomeridionale.it);
- i Piani di Gestione Distrettuali ed i Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI) hanno valenza di piani territoriali di settore e contengono prescrizioni immediatamente vincolanti ed inderogabili per amministrazioni, enti pubblici e loro succedanei, a qualsiasi titolo, nonché per soggetti privati; al riguardo, è opportuno sottolineare che i soggetti istituzionali titolari di funzioni pianificatorie devono provvedere a conformare gli atti pianificatori di competenza alle disposizioni/prescrizioni dei Piani in parola;
- le trasformazioni d'uso del territorio previste dagli strumenti urbanistici comunali e loro varianti sono subordinate alle prescrizioni/indicazioni derivanti dalla pianificazione sovraordinata di Bacino e di Distretto, che prevalgono sulle disposizioni strutturali e programmatiche degli strumenti urbanistici comunali vigenti, anche laddove non espressamente richiamate nel corpo delle relative Norme Tecniche di Attuazione ed elaborati grafici di analisi e progetto;

Tanto premesso, con riferimento all'oggetto ed agli aspetti di propria competenza, la scrivente Autorità di Bacino Distrettuale, vista la documentazione trasmessa reperita al link indicato nella nota a margine evidenziata (acquisita al prot. 18216 del 13/05/2026), relativa alla *Variante urbanistica finalizzata alla salvaguardia dell'offerta abitativa nel centro storico mediante la definizione delle condizioni per i cambi di destinazione d'uso nella categoria funzionale "residenziale" di cui all'art. 23ter del D.P.R. 380/2001 ss.mm.ii. - adottata con D.G.C. n.637 del 19.12.2025 (B.U.R.C. n.6 del 02.02.2026) - e nota integrativa acquisita al prot. n. 19139 del 19.05.2026 inerente alla sovrapposizione dell'area di interesse individuata dalla Proposta di Variante urbanistica in esame con il PSAI ex Autorità di Bacino Regionale Campania Centrale, prende atto che:*

CC

- ✓ la Proposta di Variante allo strumento urbanistico vigente, in coerenza con il "Documento di Indirizzi per la pianificazione urbanistica" (approvato con D.C.C. n.20 del 19.06.2024), ha come obiettivo *"l'introduzione di una specifica normativa finalizzata alla salvaguardia dell'offerta abitativa ordinaria nel Centro storico nell'intento di accompagnare le trasformazioni urbane allineando, per quanto possibile, la regolazione urbanistica all'andamento rapido dei processi di cambiamento"*;
- ✓ la suddetta proposta nasce dalla *"necessità di avviare una regolamentazione per l'utilizzo del patrimonio abitativo ad uso turistico nel Centro storico con l'obiettivo di prevenire gli effetti negativi di una crescita incontrollata del turismo in ambito residenziale nell'ottica di definire equilibri sostenibili tra le varie tipologie di offerta ricettiva e quella abitativa"*;
- ✓ l'Amministrazione Comunale rileva il carattere di emergenza della Variante normativa - da non poter rinviare alla approvazione del redigendo PUC - riconducibile *"sia alla velocità, intensità delle dinamiche di crescita delle strutture ricettive extralberghiere che producono nel Centro storico squilibri consistenti, effetti negativi per la popolazione residente, progressiva perdita di residenzialità e la mixité sociale nel Centro storico, che all'introduzione di nuove norme legislative nazionali in materia di 'semplificazione' dei cambiamenti di destinazione d'uso degli immobili che, se non opportunamente limitate, non consentono di governare i fenomeni di squilibrio"*;
- ✓ con la D.G.C. n.193 del 30.04.2026, la Giunta Comunale ha preso atto delle osservazioni pervenute e relative controdeduzioni alla Proposta di Variante che hanno portato alla riformulazione dell'art.21 delle Norme di Attuazione dello strumento urbanistico vigente del Comune di Napoli, come modificato dalla Proposta di Variante, limitatamente al col. l. lett. a.2) e c.2).

In relazione al vigente *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI) ex Autorità di bacino Regionale Campania Centrale*, dalla disamina della documentazione trasmessa con specifico riguardo ai contenuti degli elaborati prodotti, si rileva che:

- la documentazione trasmessa si compone di: i) *"Relazione illustrativa di Variante"*, la quale si avvale delle analisi e degli studi sviluppati nel *"Documento Strategico (DS) del Preliminare della Variante alla disciplina urbanistica per la salvaguardia dell'offerta abitativa nel Centro storico"* (approvato con D.G.C. n.292 del 26.06.2025); ii) quadro delle modifiche/integrazioni alle Norme di Attuazione; iii) elaborato integrativo di sovrapposizione dell'area oggetto della Variante urbanistica in argomento con il PSAI ex autorità di Bacino Regionale Campania Centrale;
- la proposta si configura come Variante normativa finalizzata alla regolamentazione dei processi in atto nel Centro storico del comune di Napoli ai fini dell'utilizzo del patrimonio abitativo ad uso turistico introducendo una soglia minima di residenzialità, articolando la categoria della Destinazione d'uso abitativa (art. 21 comma 1. Norme di Attuazione della Variante generale) in sottocategorie, distinguendo le abitazioni ordinarie da quelle assimilabili a strutture ricettive extralberghiere (B&B, affittacamere, case vacanza con la condizione che conservino i requisiti della residenzialità) e da quelle collettive (Convitti, Conventi, Collegi, Studentati, Strutture di cohousing, Strutture residenziali per anziani, ecc.);
- l'adeguamento e l'integrazione normativa prevede modifiche alle Norme di Attuazione (NTA) vigenti della Variante generale allo strumento urbanistico vigente (PRG) (approvata con D.P.G.R.C. n. 323 del 11/06/2004) con specifico riguardo ai seguenti articoli - *art.3 (Elaborati costitutivi); art.21 (Destinazione d'uso); art.63 (Disciplina per l'attuazione degli interventi)*;
- la proposta di Variante introduce integrazioni, modifiche nell'ambito delle Norme di attuazione della Variante generale allo strumento urbanistico vigente che non prevedono previsioni di trasformazione del territorio ma regolamentano le condizioni per l'utilizzo a scopo turistico degli immobili residenziali; con essa si perseguono, altresì, finalità di interesse pubblico relativamente alla tutela del patrimonio storico-culturale del Centro storico dagli effetti negativi del turismo;
- con riferimento al vigente *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico* (Rischio idraulico e rischio da frana) limitati settori nel margine occidentale e settentrionale dell'area di regolamentazione interferiscono con aree classificate ad diversi livelli di Rischio, tra cui anche molto elevato (R4) ed elevato (R3), nelle quali vigono le Norme di Attuazione del medesimo PSAI.

Per tutto quanto sopra rappresentato, la scrivente Autorità di Bacino Distrettuale, ai fini della compatibilità della Variante urbanistica con gli strumenti di pianificazione di bacino/distretto vigenti, esprime parere favorevole, subordinatamente al rispetto delle raccomandazioni di seguito riportate:

- nelle aree perimetrate a rischio elevato (R3) e molto elevato (R4) l'attivazione degli usi ricettivi e collettivi introdotti dalla variante è ammessa sul patrimonio edilizio esistente, senza incremento del carico insediativo ovvero senza incremento di rischio, in coerenza con le disposizioni delle NA del PSAI per tali classi di rischio;
- ove un immobile ricada in più classi di rischio, si applica la disciplina più gravosa;
- nelle aree R3 ed R4 la presenza delle attività ricettive e collettive è subordinata all'approvazione del piano comunale di emergenza (art. 27, comma 1 delle NA del PSAI), con specifica valutazione degli elementi esposti in relazione anche agli usi temporanei e alla popolazione presente non residente; alle medesime aree deve essere attribuito il corrispondente livello di criticità nei Piani di Emergenza Comunale (artt. 8, comma 4, e 16, comma 4 delle NA del PSAI);
- in fase di attuazione della Variante urbanistica i progetti degli interventi consentiti ricadenti nelle aree perimetrate a rischio devono essere supportati, ove ricorrano i presupposti, dallo studio di compatibilità idraulica (art. 33, Allegato A) e/o idrogeologica (art. 36, Allegato B); nelle porzioni del Centro storico potenzialmente interessate da cavità sotterranee si applica, altresì, l'art. 17 (indagini idrogeologiche e geotecniche a corredo degli interventi);
- assicurare il rispetto del risparmio idrico, applicando un uso razionale di dispositivi capaci di ridurre il consumo di acqua potabile e privilegiare il recupero di acqua piovana.

Il Dirigente Tecnico
Dott. Geol. Gennaro Capasso

Il Segretario Generale
Dott.ssa Geol. Vera CORBELLI

AUTORITA' DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO MERIDIONALE
Protocollo Partenza N. 26132/2026 del 06-07-2026
Doc. Principale - Copia Documento



GEOLOGO
Gennaro D'AGOSTINO

Studio di
GEOLOGIA APPLICATA & AMBIENTALE



COMUNE DI NAPOLI
(Città Metropolitana di Napoli)

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA e SISMICA

Studio idro-geologico morfologico e sismico, aggiornato alle Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018, a supporto della Variante urbanistica finalizzata alla salvaguardia dell'offerta abitativa nel centro storico, mediante la definizione delle condizioni per i cambi di destinazione d'uso nella categoria funzionale "residenziale" di cui all'art. 23Ter del DPR n. 380/2001 ss.mm.ii.

COMMITTENTE	Amministrazione comunale	TEVEROLA -CE- giugno 2026
LOCALITA'	Centro storico città di Napoli	

Allegati:

- Carta ubicazione delle indagini (vedi ICMS 2008)
- Carta geolitologica (vedi ICMS 2008)
- Carta geomorfologica e della stabilità (vedi CGT e MOPS ICMS 2008)
- Carta idrogeologica
- Carta di microzonazione sismica (vedi MOPS)
- Sondaggi a carotaggio continuo
- Elaborati Prove Penetrometriche Dinamiche e SPT in foro
- Prospezioni sismiche tipo MASW -DOWN HOLE - HVSR
- Carta delle indagini IMCS 2008 - livello 1
- Carta geologico tecnica ICMS 2008 - livello 1
- Carta di microzonazione sismica (MOPS) ICMS 2008 - livello 1
- Carta delle sezioni Geologiche

il Geologo

Dott. Gennaro D'Agostino



GENNARO D'AGOSTINO
29/06/2026 09:16:36 UTC+0200

ALBO O.R.G. 1943

via I° Dietro Corte n°73 81030 Teverola (CE) ☎ 081 5029593 📠 349 4205297

e-mail: gennaro.dagostino@libero.it P.IVA: 02939190613

INDICE

1	Premessa	pag. 2
2	Inquadramento geografico	pag. 5
3	Morfologia dell'area	pag. 6
3.1	<i>Cavità Sotterranee</i>	pag. 9
3.2	<i>Stabilità del territorio comunale</i>	pag. 11
4	Inquadramento geotettonico	pag. 16
4.1	<i>Assetto geolitologico dell'area comunale</i>	pag. 17
4.2	<i>Modello Geologico Locale di Riferimento</i>	pag. 19
5.	Idrografia ed idrogeologia	pag. 20
6.	Pericolosità sismica	pag. 21
6.1	<i>Caratterizzazione sismica di sito</i>	pag. 28
6.2	<i>Verifica alla liquefazione</i>	pag. 40
7.	Caratterizzazione geomeccanica	pag. 42
8.	ICMS 2008 Metodologia e Elaborazioni	pag. 45
9.	Conclusioni	pag. 50

ALLEGATI

L.R. 9/83:

Carta ubicazione delle indagini (vedi ICMS 2008)

Carta geomorfologica e della stabilità (vedi CGT e MOPS ICMS 2008)

Carta idrogeologica

Carta di microzonazione sismica (vedi carta delle MOPS ICMS 2008)

Sondaggi a carotaggio continuo

Elaborati Prove Penetrometriche Dinamiche

Prospezioni sismiche tipo MASW - HVSR

ICMS 2008:

- *Carta delle indagini IMCS 2008 – livello 1*

- *Carta geologico tecnica ICMS 2008 – livello 1*

- *Carta di microzonazione sismica (MOPS) ICMS 2008 – livello 1*

- *Carta delle sezioni Geologiche*

1 PREMESSA

Facendo seguito all'incarico ricevuto dall'Amministrazione comunale relativo a "Studio idro-geologico morfologico e sismico, aggiornato alle Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018, a supporto della Variante urbanistica finalizzata alla salvaguardia dell'offerta abitativa nel centro storico, mediante la definizione delle condizioni per i cambi di destinazione d'uso nella categoria funzionale "residenziale" di cui all'art. 23Ter del DPR n. 380/2001 ss.mm.ii.", Contratto dell'Affidamento del 22/06/2026, il sottoscritto Dr. Geologo Gennaro D'Agostino iscritto in data 20/Maggio/1999 all'albo professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Campania con numero 1943, accettato l'incarico, ha eseguito uno studio di geologia tecnica finalizzato alla individuazione delle caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, sismiche e fisico meccaniche dell'area di studio e alla valutazione della fattibilità del piano in relazione alla stabilità d'insieme della zona. Tale studio che viene effettuato in variante allo strumento urbanistico vigente, è assoggettato a quanto prescritto dai seguenti dettami legislativi in materia:

- Legge Regionale 7 gennaio 1983 n° 9 recante "*Norme per l'esercizio delle funzioni in materia di difesa del territorio dal Rischio Sismico*" e successive integrazioni;
 - Decreto Min. LL.PP. 11 marzo 1988 e Circolare Min. LL.PP. 24 settembre 1988, N° 30483;
 - Delibera di Giunta Regionale n°5447 del 7 novembre 2002 "*Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania*";
 - Deliberazione n°248 del 24 gennaio 2003 della Giunta Regionale della Campania: "*Circolare applicativa dell'Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania*";
 - Ordinanza 3274/2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri recante "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche*" e successive modifiche e integrazioni.
 - Delibera della Giunta Regionale n. 118 del 27/05/2013, A.G.C.5 Ecologia, tutela dell'ambiente, disinquinamento, protezione civile Settore 3 Programmazione interventi di protezione civile sul territorio, OPCM 4007/2012 RECANTE "ATTUAZIONE DELL'ART. 11 DEL DL 28/04/2009 N. 39, CONVERTITO CON MODIFICAZIONI DALLA LEGGE DEL 24/06/2009, N. 77, IN MATERIA DI CONTRIBUTI PER INTERVENTI DI PREVENZIONE DEL RISCHIO SISMICO". APPROVAZIONE INDIRIZZI E CRITERI;
 - DECRETO MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». Gazzetta Ufficiale, SO n. 42 del 20 febbraio 2018.

In particolare, la Legge Regionale n. 9 del 1983 (Testo aggiornato con le modifiche introdotte dalle- L.R. 19 del 28/12/09 (art.10) - L.R. 5 del 06/05/13 (art.1,

co.132) - L.R. 7 del 05/05/11 (art.1, co.1) - L.R. 16 del 07/08/14 (art.1, co.192, 237) - L.R. 1 del 27/01/12 (art.33) - L.R. 10 del 11/05/16 (art. unico)), al Titolo II Art. 11 Strumenti urbanistici generali - recita:

1. Prima della formazione, revisione ed adeguamento degli strumenti urbanistici generali o loro varianti, ogni Comune della Regione dichiarato sismico o ammesso a consolidamento, è tenuto a predisporre indagini geologiche - geognostiche, ai fini della prevenzione del rischio.

Le indagini dovranno reperire dati per la compilazione delle seguenti carte:

- Carta Geolitologica;
- Carta della stabilità;
- Carta idrogeologica;
- Carta della zonazione del territorio in prospettiva sismica.

La base cartografica sarà in scala 1:5.000 o maggiorata in base ad esigenze particolari. Le previsioni urbanistiche degli strumenti generali non possono prescindere dai risultati delle dette indagini.

All'Art. 12 Contenuti delle Carte prevede –

Carta Geolitologica Ai fini della compilazione della carta dovrà essere eseguito un rilevamento litologico di superficie, integrato dalle risultanze delle indagini dirette e indirette svolte nell'ambito del territorio, per la definizione della stratigrafia e delle strutture, nonché per le caratteristiche tecniche generali. La situazione geologica locale dovrà essere inquadrata nel contesto geologico regionale e alla luce della storia sismica regionale. A corredo della carta dovranno essere compilate sezioni geologiche in numero sufficiente a dare una chiara visione delle caratteristiche geologiche e strutturali. Ove necessario saranno riportati altresì gli aspetti morfologici locali significativi sotto l'aspetto della risposta sismica.

Carta della stabilità Sulla base di rilevazioni geomorfologiche integrate da indagini specifiche dirette ed indirette saranno riportati i fenomeni di instabilità reali e potenziali antichi e recenti. In particolare si dovranno classificare i dissesti in base al tipo, causa, evoluzione, importanza (fenomeni profondi o superficiali), dinamica (attivi, quiescenti o stabilizzati). Sulla base degli accertamenti eseguiti si dovrà esprimere un giudizio sulla possibilità di recupero del territorio. La carta della stabilità potrà essere corredata da una suddivisione del territorio per classi di pendenza.

Carta Idrogeologica Lo studio per la compilazione della carta dovrà definire la situazione idrologica e idrogeologica, sia in prospettiva sismica, sia in funzione di eventuale utilizzazione e protezione delle risorse idriche.

Carta della zonazione del territorio di prospettiva sismica Attraverso l'elaborazione e l'esame dei dati ottenuti mediante le indagini di cui innanzi, e con l'ausilio, quando possibile, degli elementi ricavabili dalla carta del danno, si dovrà redigere una carta della zonazione del territorio, che ha per scopo la definizione di zone omogenee per quanto riguarda il comportamento in prospettiva sismica, specificando la natura del rischio. Per la compilazione della carta potranno essere effettuate ulteriori indagini specifiche per la definizione della rigidità degli orizzonti di interesse geotecnico. Le carte di cui innanzi costituiscono degli allegati ad una relazione generale illustrativa nella quale verranno trascritte le metodologie e commentati i risultati ottenuti.

Mentre la:

D. G. R. n. 118, A.G.C.5 del 27/05/2013, recante OPCM 4007/2012 recante "Attuazione dell'art. 11 del dl 28/04/2009 n. 39, convertito con modificazioni dalla Legge del 24/06/2009, n. 77, in materia di contributi per interventi di prevenzione del rischio sismico". approvazione indirizzi e criteri, prevede al punto f, di dover stabilire che gli studi di Microzonazione Sismica sono da eseguirsi almeno al livello 1, preliminare e

propedeutico ai successivi livelli 2 o 3, secondo quanto definito negli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (Standard ICMS 2008), con gli standard di rappresentazione ed archiviazione informatica definiti dalla Commissione Tecnica di cui all’art. 5, comma 7, dell’OPCM 4007/2012;

la carta di microzonazione sismica deve essere redatta secondo quanto definito negli “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica (Standard ICMS 2008)” con appropriato livello di approfondimento come desumibile al capitolo 1.7.3;

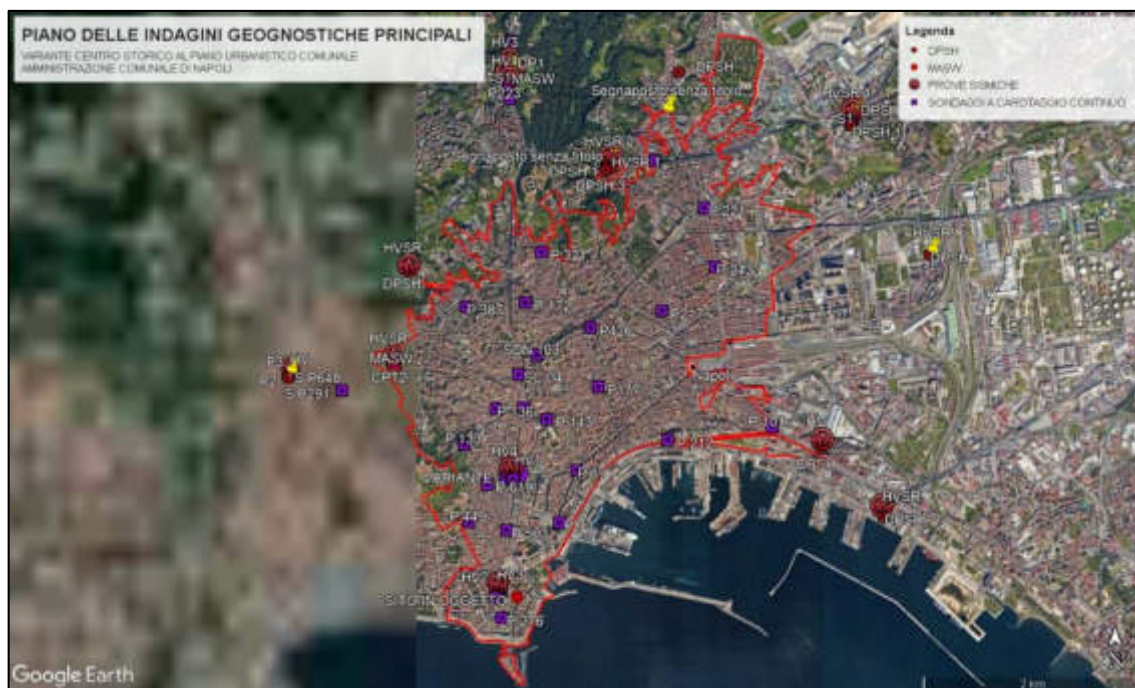
le indagini sismiche dovranno, tra l’altro, essere finalizzate all’individuazione del substrato sismico ($V_s > 800 \text{ m/s}$) o di uno strato ad impedenza rilevante (contrasto di velocità orientativamente, verranno realizzato lo studio di microzonazione sismica come specificato negli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (standard ICMS 2008)” Microzonazione sismica di I e II livello.

In considerazione di quanto sopra, per la realizzazione di tale lavoro sono stati preliminarmente raccolti i dati bibliografici, integrati con un rilevamento geologico geomorfologico e idrogeologico preliminare dell’area.

In aderenza con quanto previsto dalla normativa in materia sopra specificata, il presente studio geologico, sarà finalizzato ad inquadrare il sito in studio nel contesto geologico geomorfologico idrogeologico e sismico di riferimento, dal quale verrà predisposto un appropriato piano di indagini geognostiche in sito e di laboratorio finalizzato alla puntuale e approfondita caratterizzazione del modello geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico e alla produzione della cartografia geologica di piano così come previsto dagli art. 11 e 12 della succitata L.R. 9/83 e s.m.i. e dagli ICMS 2008.

Sono state pertanto considerate varie indagini già realizzate sul territorio in esame consistite in sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche dinamiche tipo DPSH e prove sismiche MASW e HVSr, realizzate dal sottoscritto. Sono stati inoltre consultati la relazione geologica allegata al PRG di Napoli, lo studio di microzonazione sismica a scala comunale (ICMS 2008) fornite dalla committenza, e le indagini geognostiche realizzate nell’area di studio allegate allo stesso studio e consistite in sondaggi a carotaggio continuo e prove sismiche HVSr. Tale studio si è reso utile per inquadrare il sito nel contesto areale geologicamente significativo.

Considerato che il Comune di Napoli ha approvato e concluso gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 (MS-1), le Tavole di Microzonazione sismica MCS ICMS 2008 come previsto per norma regionale (D. G. R. n. 118, A.G.C.5 del 27/05/2013) già approvate costituiscono parte integrante della seguente relazione e vengono pertanto riportate in allegato come cartografia della presente variante di Piano del Centro storico di Napoli.



**Localizzazione area oggetto di indagine delimitata in rosso
da immagine satellitare Google Earth con piano delle indagini**

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame, situata nel Comune di Napoli (CE) comprende l'area del centro storico. Ricade nel foglio n° 23 NAPOLI e 31 TORRE DEL GRECO della Carta Tecnica Programmatica Regionale (CTPR) alla scala 1:25.000 pubblicato nel 1998, nel foglio n°446-447 NAPOLI dell'IGMI alla scala 1:50.000, pubblicato nel 1993 e nel foglio n°447 Napoli- della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000.

La città di Napoli si sviluppa tra la Piana Campana a Nord, i Campi Flegrei ad Ovest, le propaggini meridionali del Vesuvio ad est e il mare a sud.

La morfologia della città si presenta alquanto articolata per caratteristiche morfostrutturali particolari legate alle vicissitudini vulcaniche dell'area, per processi legati all'evoluzione della linea di costa, e per processi legato alle vicissitudini storici antropiche che hanno portato alla realizzazione di cave, tagli naturali, riempimenti etc.



Fig. 1 Territorio di Napoli oggetto di studio

L'area in oggetto ricade nella porzione centrale tagliando in due l'intera città di Napoli dalla collina di Pizzofalcone risalendo lungo il versante ad est del Bosco di Capodimonte in località Ponti Rossi. La morfologia risulta degradante a pendenza media con rotture repentine di pendenza lungo tagli antropici e in corrispondenza della costa.

Il versante che si raccorda a sud con la costa presenta pendenze elevate lungo la parete tufacea esposta a sud verso il borgo marinano – Castel Dell'Ovo (foto Fig. 1).

3 MORFOLOGIA DELL'AREA

Situato a circa 43.00 metri s.l.m. l'area in oggetto presenta quota variabile tra un minimo di 0.00 metri sul livello medio del mare a sud a circa 200.00 metri sul livello del mare verso nord ovest, raggiunti nell'area del centro storico a ridosso del Castel Sant'Elmo.

Partendo dalla collina di Pizzofalcone la sua importanza è dovuta al fatto che vi avvennero i primi insediamenti umani dell'area napoletana. Anticamente questa collinetta si presentava come una piccola penisola in quanto era lambita dal mare su tre lati, S Lucia, Chiatamone e lato del Chiatamone su p.zza Vittoria. I successivi

riempimenti di via S. Lucia e del Chiatamone hanno quasi del tutto cancellato questa particolarità.

Questa struttura è attualmente completamente edificata ospitando gli abitati del "Pallonetto di S. Lucia" e il "Monte di Dio". È delimitata a nord dal solco di via Chiaia che la separa dalla parte bassa della retrostante collina del Vomero. I lati est e ovest una volta lambiti dal mare e il lato sud hanno un andamento molto ripido ulteriormente accentuato dalla intensa attività estrattiva che probabilmente ebbe inizio già in epoca greca. Attualmente la morfologia dei bordi non è visibile, in quanto occultata dai fabbricati che sorgono su via S. Lucia e su via Chiatamone. Per poterla osservare bisogna entrare in alcuni edifici di via Chiatamone o guardarla da lontano, ad esempio dalla collina di Posillipo.

La collina di Pizzofalcone riveste una notevole importanza geografica, per la città di Napoli, in quanto divide la conca di Chiaia da quella di Neapolis. Infatti la prima va da Posillipo a Pizzofalcone, la seconda da Pizzofalcone fino alle ultime propaggini della collina di Capodimonte (S. Eframo Vecchio).

Nella zona di Pizzofalcone, il versante si presenta per estesi tratti intensamente antropizzato, di conseguenza anche la morfologia risulta pesantemente condizionata da tale aspetto, con la presenza di discontinuità legate alla realizzazione di ripiani morfologici realizzati per l'edificato che si alternano a muri di contenimento in tufo e in cemento, di altezza variabile dal metro ad alcuni metri e tagli legati alla presenza di strade. Il versante si presenta pertanto articolato con pendenza media di circa 4° (6 %)

Questa struttura collinare ha andamento N-S si raccorda con la collina del Vomero con una larga sella nella zona a valle di Castel sant'Angelo. Essenzialmente la collina può essere divisa in due zone, la prima, rivolta a sud est, affaccia sul mare di Mergellina, la seconda, rivolta a sud ovest, affaccia sul mare della zona Portuale.

Spostandoci verso nord est troviamo una zona a debole pendenza che risale verso la collina di Capodimonte a nord mentre ad est si raccorda con pendenze maggiori alla collina del Vomero.

Nel 474 a.C. i cumani preferirono, invece di potenziare l'esistente nucleo di Partenope, costruire ex novo una città chiamata Neapolis. Il nuovo centro fu posto nell'area di falsopiano avente leggera pendenza verso sudest, attualmente corrispondente alla zona centro occidentale del quartiere Pendino.

Il punto altimetricamente più elevato è in corrispondenza di S. Aniello a Caponapoli (68 m s.l.m.), mentre sul versante prospiciente il mare la quota più alta si raggiunge nella zona di S. Marcellino.

Poco distante da detti luoghi, nell'area compresa tra via Grande Archivio e via Duomo, vi è una depressione dovuta ad una insenatura lungo la linea di costa dove, in epoca medioevale, vi era un accesso al mare attraverso Portanova.

Il pianoro era circoscritto su tre lati da profondi fossati naturali che fungevano da baluardo difensivo, il lato mare era protetto da un salto ad eccezione dell'insenatura di Portanuova.

Ancora oggi, nonostante le modificazioni antropiche succedutesi nel tempo, a testimoniare questa antica morfologia vi sono le differenze di quota che si rilevano tra

l'altura di S. Giovanni Maggiore rispetto alla sottostante via Sedile di Porto, quelle del monastero di S. Marcellino e di S. Agostino alla Zecca rispetto all'area posta a monte di c. so Umbetto I.

Un altro salto esisteva, tra via Tribunali e via Spaccanapoli, una riprova di ciò ci viene dal tempio dei Dioscuri (attuale basilica di S. Gaetano) che si trovava molto più in alto delle costruzioni oggi visibili al di sotto della chiesa di S. Lorenzo Maggiore. L'evidenza morfologica attuale ci è data dalla pendenza di via S. Gregorio Almeno.

Il confine settentrionale del pianoro era determinato dal fossato dell'attuale piazza Cavour, quello nordorientale dal solco d'erosione dell'Arena alla Sanità.

Ad occidente il pianoro era delimitato dal solco dell'Arenella, questo aveva origine in prossimità dell'odierna p.zza Arenella proseguendo per via Arenella, via

Battistello Caracciolo, via delle Nocelle, via Francesco Saverio Conera per sfociare nell'attuale p.zza Dante e procedere, quindi, per via Monteoliveto al mare. (Fonte Relazione geologica PRG – PUC).

L'area al contorno assume immediatamente una morfologia più acclive e articolata verso le zone collinari di Capodimonte a nord e Vomero Castel Sant'Elmo ad ovest mentre verso est continuo l'area pianeggiante fino a raccordarsi alla piana del Sebeto.

Procedendo verso nord, La collina di Capodimonte è ubicata nell'area centrale del territorio della città a sud est del massimo rilievo collinare cittadino dei Camaldoli. La collina di Capodimonte deve il suo nome all'intensa attività estrattiva del tufo giallo che è avvenuta nel corso dei secoli lungo i suoi fianchi. Infatti al toponimo si attribuisce il significato di "sommità dell'altopiano ricco di tufo" in quanto nel gergo dei cavatori napoletani la parola "monte" indicava un affioramento di tufo. La collina è sita immediatamente a nord del centro antico di Napoli, il punto a quota maggiore raggiunge i 155 m s.l.m. (osservatorio astronomico). Morfologicamente è rappresentata da un ampio tavolato che inclina dolcemente verso nord. I bordi della collina hanno un andamento irregolare. Il lato ovest si raccorda con la collina dei Camaldoli tramite una sella su cui corre la via Colli Aminei. Il lato nord è delimitato dal vallone di Miano che all'altezza di via Udalrico Masoni piega bruscamente verso sud fungendo da limite orientale della collina su entrambi i lati. Questo funge, quindi, da separazione fra la collina di Capodimonte e la retrostante piana di Miano - Secondigliano - Capodichino.

Molto più articolata è la parte sudoccidentale e la parte meridionale. La prima è separata dal Vomero tramite il basso strutturale del vallone delle Fontanelle, la seconda si raccorda con la parte bassa, delimitata da via Foria, tramite la zona dei Miracoli, Moiarriello e S. Eframo Vecchio. Queste tre zone, in cui va compresa anche la zona dei Ponti Rossi, ad occidente del cavane di Miano, sono estremamente accidentate a causa della già citata attività estrattiva. Infatti un po' dappertutto si vedono fronti di cava molto accentuati e in parte visibili anche da lontano, come nel caso del Moiarriello il cui fronte è ben visibile anche da p.zza Cavour.

La zona ha un grosso interesse paesaggistico in quanto racchiude l'unico grosso polmone di verde della città di Napoli il cosiddetto "bosco di Capodimonte" che è un'area boschiva di 120 ettari. Il sito in oggetto è posto immediatamente ad est del bosco di capodimonte, Il versante che si raccorda ad est con i Camaldoli si presenta per estesi

tratti intensamente antropizzato, di conseguenza anche la morfologia risulta pesantemente condizionata da tale aspetto, con la presenza di discontinuità legate alla realizzazione di ripiani morfologici realizzati per l'edificato che si alternano a muri di contenimento in tufo e in cemento, di altezza variabile dal metro ad alcuni metri e tagli legati alla presenza di strade. Il versante si presenta pertanto articolato con pendenza media di circa 4° (6 %)

Questa struttura collinare ha andamento N-S si raccorda con la collina del Vomero con una larga sella nella zona a nord est di Castel sant'Angelo.

Procedendo lungo la costa ad est si raggiunge la zona orientale pianeggiante che rappresenta l'area in studio più depressa raccordandosi nella zona portuale al livello del mare morfologicamente denominata "depressione del Sebeto". L'area fino all'inizio del secolo scorso era coperta da paludi e attraversata da corsi d'acqua a lento deflusso. Successivamente a seguito di bonifiche è diventata area di espansione urbanistica. Il corso del Sebeto, coperto è adibito a collettore fognario. Il fiume impostava il suo corso lungo una depressione tettonica che generava un abbassamento della zona orientale rispetto alla retrostante terra di lavoro formando il Golfo del Sebeto. Il golfo andò via via colmandosi sia per accumulo di sabbia marina sia per apporti di materiale alluvionale dalle zone interne caratterizzato da materiali argillosi e ghiaiosi di provenienza appenninica.

3.1 CAVITÀ SOTTERRANEE

Un dato di rilevanza particolare è dato dalla presenza, nell' area comunale di Napoli, di cavità sotterranee che si attestano nei livelli litoidi tufacei (Tufo giallo Napoletano) presenti nella successione stratigrafica del luogo.

Il tufo giallo napoletano rappresenta il substrato geologico della città di Napoli e l'ossatura di tutti i rilievi collinari della città. Proprio l'ampia diffusione di questa roccia tenera dalle ottime caratteristiche litotecniche ha fatto sì che si sviluppasse una fiorente attività mineraria mirata alla coltivazione di questa roccia utilizzata per la costruzione non solo delle comuni abitazioni, ma anche di chiese, castelli e fortezze. Questa attività mineraria ha comportato, di conseguenza, la realizzazione di numerose cavità sotterranee molte delle quali ancora completamente sconosciute o scomparse.

Gli ipogei sotterranei si sviluppano, all'interno dell'ammasso tufaceo della formazione del tufo giallo napoletano. Si ricorda, infatti, che i due più importanti depositi tufacei della Piana Campana, l'IC (ignimbrite campana) ed il TGN (Tufo Giallo Napoletano), hanno subito, dopo la deposizione, due differenti processi di alterazione noti rispettivamente come pipernizzazione e zeolitizzazione. Questi processi hanno condotto a differenti associazioni mineralogiche che hanno fatto assumere consistenza litoide ai primari depositi piroclastici sciolti conferendo una colorazione gialla, al TGN, ed una doppia facies, gialla e grigia, per l'IC.

Nel complesso, il deposito tufaceo in cui si sviluppano le cavità, presenta un aspetto molto compatto con numerosi clasti lavici da millimetrici a centimetrici di colore dal giallo al rossiccio, inclusi di ossidiana e di scorie molto vescicolate di colore nero.

A luoghi il deposito si presenta, lungo zone ad andamento sub-verticale, incoerente e costituito solo dagli inclusi su descritti con scarsa matrice, a formare quelli

che in letteratura sono definiti “pipes da degassazione” (Di Girolamo, 1968a,b; Fisher & Schmincke, 1984). I “pipes da degassazione”, nel gergo locale noti come “carie del tufo” (Di Girolamo, 1968a,b), rappresentano delle fumarole fossili prodotte dalla degassazione dei vapori contenuti, all’atto della messa in posto, dalla coltre piroclastica. Tali vapori asportano la frazione fine lasciando lungo il “condotto verticale” solo materiale grossolano dell’originario deposito vulcanico, che si presenta alterato per processi idrotermali e con tipica colorazione rossastra. A differenza del deposito compatto, quest’ultima facies in cui si presenta il tufo possiede scadenti caratteristiche tecniche risultando di nessun interesse per i cavamonti.

L’ammasso tufaceo litoide sfuma verso l’alto in un “cappellaccio” o “mappamonte” di colore rossiccio, dello spessore medio di circa un metro, che si mostra alterato e molto sciolto, con scadenti caratteristiche tecniche e facilmente erodibile. Al di sopra della formazione del tufo Giallo poggia, una successione di depositi piroclastici sciolti di colore variabile dal grigio chiaro al grigio scuro, nel complesso ben addensati. In particolare essa è costituita prevalentemente da cineriti sottilmente stratificate, a luoghi frammiste a pomici grigio-chiare con diametro generalmente non superiore a 2 centimetri, che corrispondono alla più nota pozzolana della formazione del Tufo Giallo Napoletano (Scarpati et al., 1993).

Elemento negativo per la stabilità è rappresentato proprio dalla presenza di cavità sotterranee cavate nel banco tufaceo più superficiale finalizzate all’estrazione del tufo utilizzato per l’edificazione in epoca passata degli attuali edifici storici. Spesso a tali cavità sono stati occlusi gli accessi oppure sono state riempite con materiale di riporto con scadenti caratteristiche geomeccaniche; questi comportamenti impropri sono stati tali da generare sprofondamenti specie se a contatto con acque di infiltrazione incontrollata quali perdite di rete fognaria o idrica o in concomitanza con eccezionali eventi pluviometrici.

La zona del centro storico oggetto di studio racchiude in buona parte un’area densamente urbanizzata. L’edificazione storica dei quartieri collinari e non solo e la presenza dell’ossatura tufacea che caratterizza il sottosuolo di buona parte dell’area oggetto di variante ha favorito la presenza nel sottosuolo di importanti cavità. Dall’analisi dei dati geologici e stratigrafici relativi all’area in oggetto, dall’analisi del censimento delle cavità e dalla cartografia ICMS, **emerge la presenza di una rete diffusa di cavità sotterranee in buona parte dell’area interessata da variante. La presenza delle cavità si associa all’aumento della quota topografica sul livello del mare, che genera un innalzamento dal livello di falda basale (0 m.s.l.m.) e dalla presenza nelle zone collinari dell’ossatura tufacea che caratterizza il territorio.**

Per la perimetrazione delle aree con presenza di cavità si fa riferimento alle carte prodotte per la Microzonazione sismica del territorio della città di Napoli (CGT e Carta delle MOPS - ICMS 2008).

3.2 STABILITÀ DEL TERRITORIO COMUNALE

La prima considerazione da fare, circa la stabilità del territorio comunale in oggetto, è che la morfologia dell'area del Centro storico di Napoli è stata fortemente influenzata dalla genesi di origine vulcanica oltre ad essere pesantemente alterata ad opera dell'uomo.

La zona centrale dell'area di centro storico che si raccorda alla linea di costa è caratterizzata da un 'area pianeggiante che si estende dalle pendici del Promontorio di Pizzofalcone ad ovest e che comprende tutta l'area portuale e si estende verso nord a tutto il corso Umberto I fino all'area di Piazza Garibaldi e oltre.

Risalendo verso nord si assiste lungo via Toledo ad un aumento della quota topografica che si realizza con una zona che con debole pendenza risale verso la collina di Capodimonte limite nord dell'area in studio. In quest'area dal punto di vista della geomorfologia non si hanno evidenti problemi di stabilità sul territorio. La situazione cambia lungo il lato ovest dell'area ove si assiste ad un aumento della morfologia risalendo lungo la collina del vomero che culmina nell'area con Castel Sant'Elmo - -Complesso della certosa di san Martino, con presenza di tagli stradali e di terrazzamento che localmente rasentano la verticalità.

Discorso analogo riguarda tutta la zona di via Foria – Sanità da dove procedendo verso nord la morfologia subisce una repentina variazione verso la collina di Capodimonte con situazioni simili alla precedente.

Ciò nonostante, in generale, l'andamento morfologico, attraverso un'analisi cartografica e di foto aerea si nota comunque come i versanti delle colline, sia verso ovest che verso est, non sono molto acclivi, infatti dalla parte alta, a circa 50 m s.l.m. si scende seguendo una morfologia abbastanza matura.

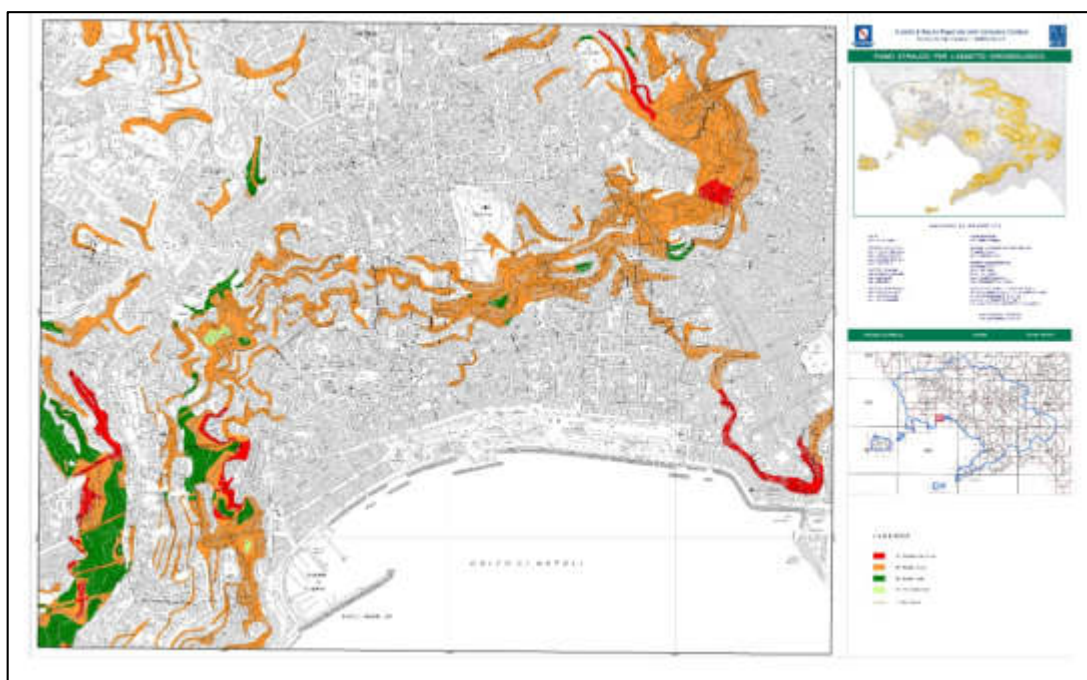
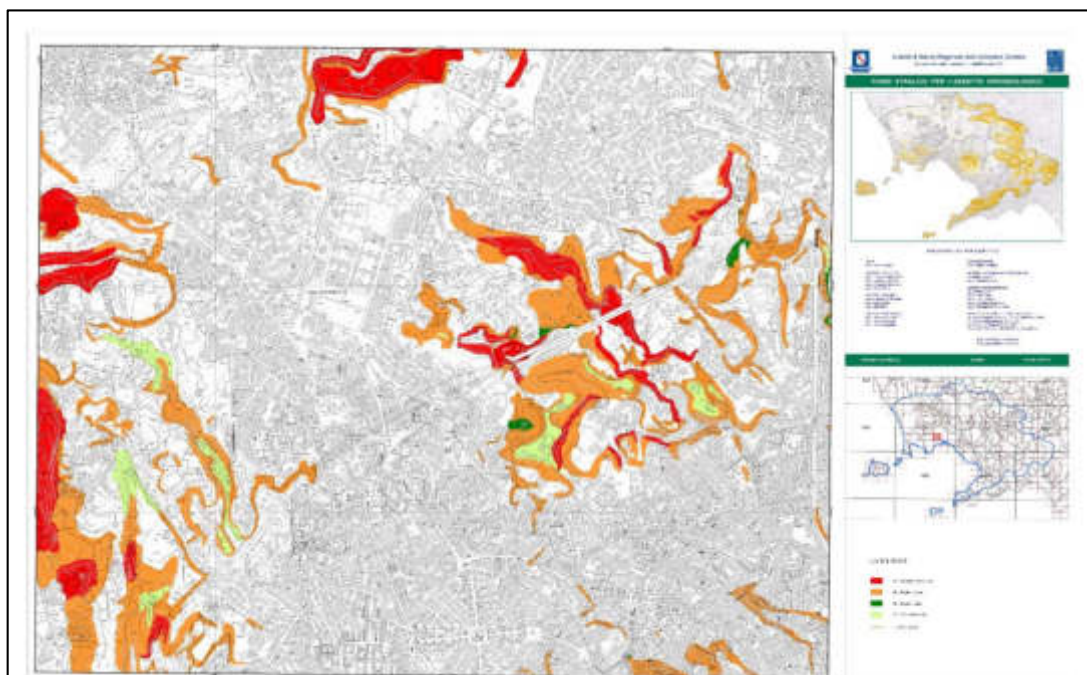
Questo non avviene verso sud in direzione dell'isolotto di Megaride, dove si raggiunge quota di 50.6 metri s.l.m. nei pressi dei resti della villa di Licinio Lucullo, dove si possono ammirare importanti tagli nel tufo giallo napoletano stratificati. La collina culmina con un versante acclive pendenza superiore ai 60° che raccorda la stessa alla zona di incrocio tra via Santa Lucia e via Chiatamone con la presenza di un imponente contrafforte murario in tufo giallo.

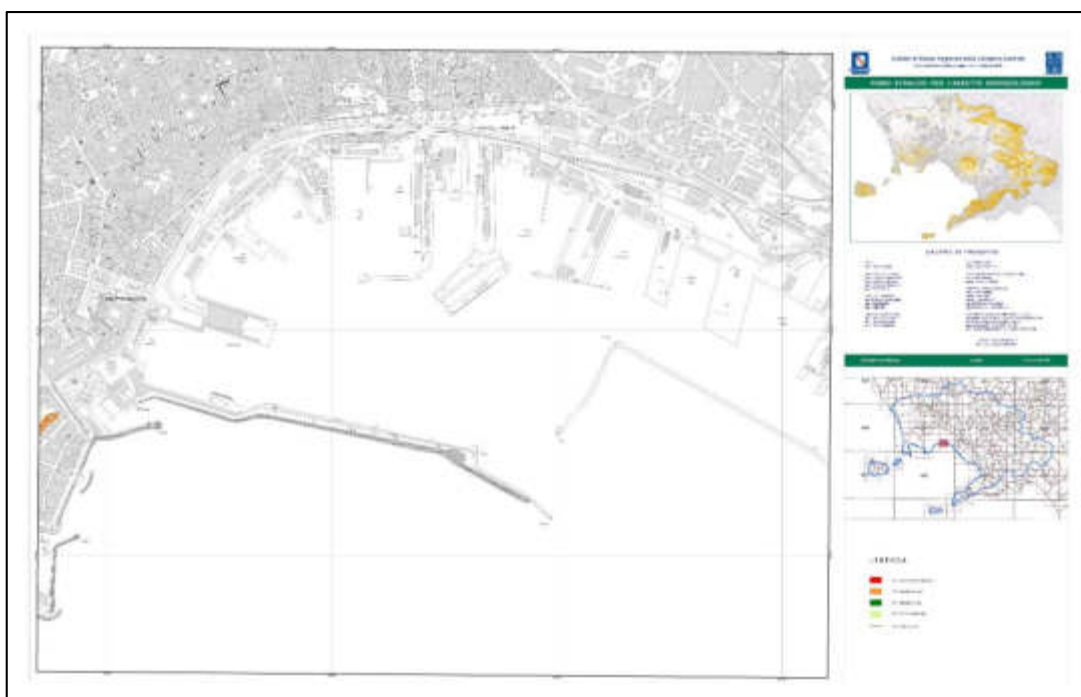
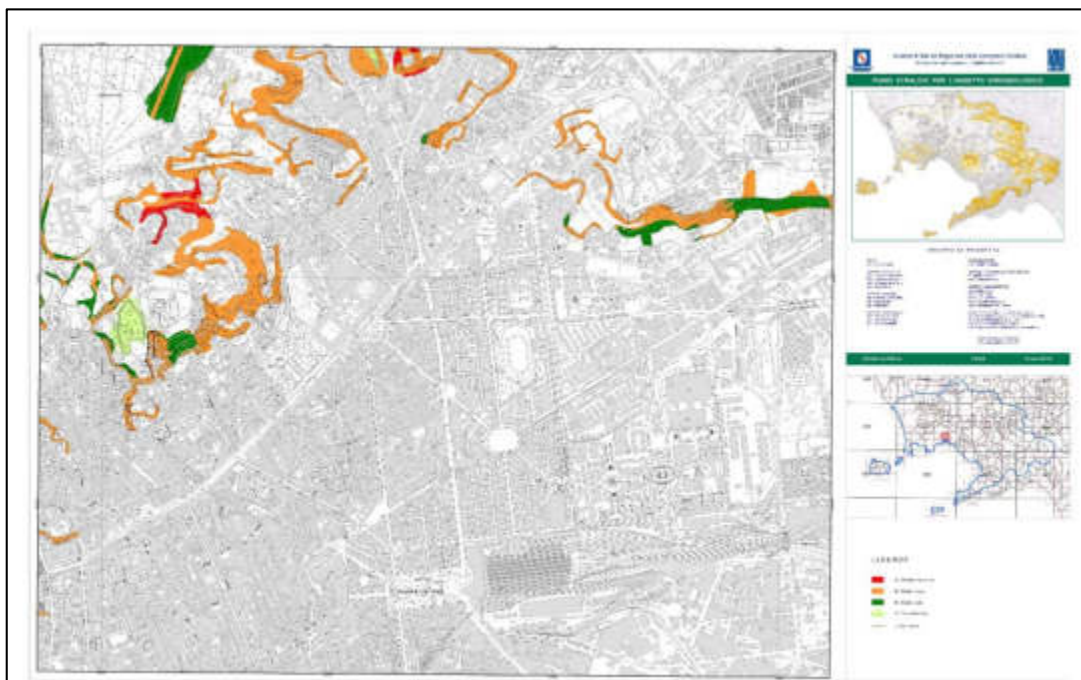
La collina si presenta come una struttura allungata che si protende verso meridione, questa conformazione fa sì che non vi siano grosse linee di impluvio in quanto i bacini di raccolta risultano molto piccoli e quindi gli alvei torrentizi modesti.

Ritornando all'area in oggetto la particolare caratteristica geomorfologica è chiaramente riscontrata nella cartografia del rischio da frana redatta per l'area di studio dalla competente Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (ex Autorità Di Bacino Campania NO). Nella tavola 447151 447112 pubblicata sul sito <https://www.distrettoappenninomeridionale.it>

L'area in oggetto risulta infatti a tratti classificata a rischio. Le porzioni che perimetrano l'area ad andamento collinare lungo i lati nord e ovest, dove si realizzano maggiori pendenze, risulta classificata a Rischio elevato e molto elevato legato ad una pericolosità (suscettibilità) all'insorgere al transito e all'invasione da frana elevata come

illustrato nelle tavole seguenti. Questa pericolosità e relativo rischio si esplica in particolare lungo i tagli stradali e di terrazzamento.

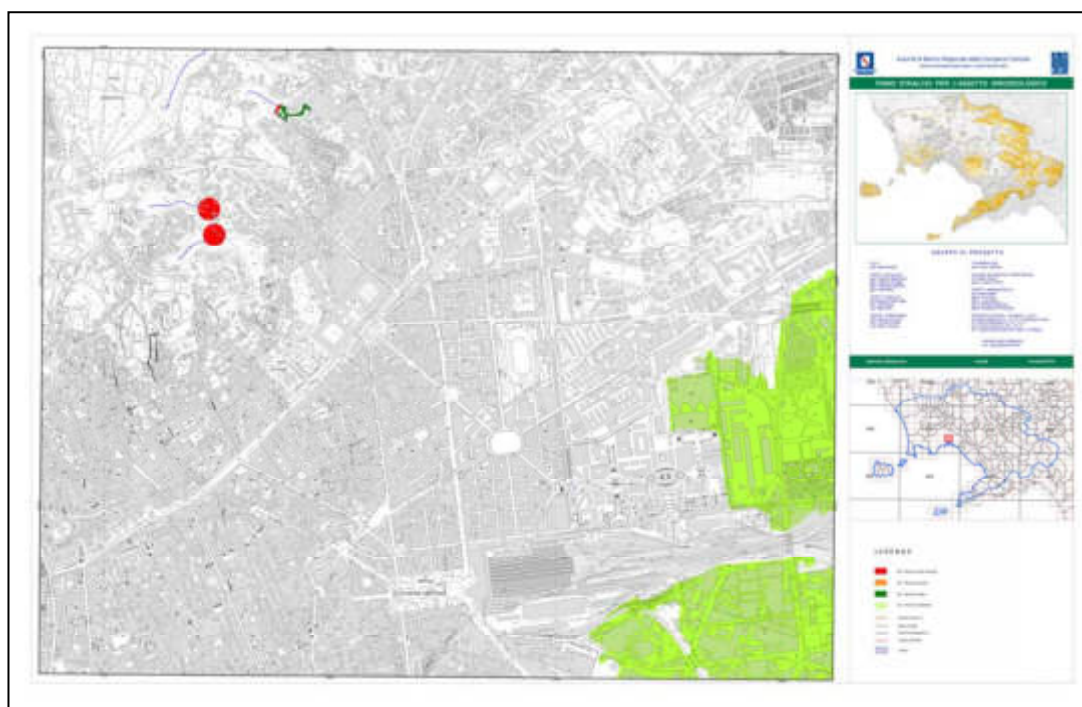




Rischio Frana da PSAI; fogli 447112 - 447151 - 447123 - 447164 relativi all'area di studio

Per quanto riguarda invece il Rischio Idraulico, il sito in oggetto risulta solo marginalmente perimetrato a rischio medio ed elevato, legato alla presenza di zone puntuali poste allo sbocco dei valloni. Una limitata zona a rischio moderato è ubicata nell'area est della zona portuale, la relativa cartografia non risulta pubblicata sul sito dell'autorità di bacino.





Rischio Idraulico da PSAI; fogli 447112 - 447151 - 447123 - 447164 relativi all'area di studio

Per queste aree si fa riferimento a quanto previsto nelle Norme di Attuazione del PAI. Il tutto è sintetizzato nelle relative riproduzioni cartografiche allegate.

4 INQUADRAMENTO GEOTETTONICO

L'area in esame appartiene al dominio geologico della Piana Campana, importante depressioni strutturali (Graben) del bordo tirrenico dell'Appennino impostato su un originario piastrone carbonatico formata tra il Pliocene sup. ed il Quaternario. La piana estesa circa 1500 kmq è delimitata a NW dal M.te Massico, a NE dai M.ti di Caserta ed a SE dai M.ti Lattari. Lungo le fratture che hanno prodotto la depressione si è avuta, nel tempo, un intensa attività vulcanica condizionando fortemente l'assetto morfologico e stratigrafico della piana. Le rocce affioranti nella Piana, hanno litologia e genesi differenti; sono presenti sia rocce vulcaniche e piroclastiche, messe in posto dall'intensa attività eruttiva dei complessi vulcanici dei Campi Flegrei, del Roccamonfina e del Somma - Vesuvio, sia depositi epiclastici e alluvionali deposti dai corsi d'acqua che solcano la piana.

In superficie, quindi, sono ben osservabili le strutture marginali del graben. Le strutture recenti principali sono rappresentate da faglie normali orientate NE-SW e NW-SE, che in almeno due fasi del Quaternario hanno determinato rigetti verticali dell'ordine di qualche migliaio di metri.

Le strutture mioceniche, osservabili ai margini della Piana, sono connesse ai fenomeni di sovrascorrimento che hanno interessato la copertura sedimentaria triassico-miocenica e non sono legate alle deformazioni attuali del basamento cristallino.

Queste ultime hanno orientamento W-E e sono costituite da una serie di monoclinali immergenti a Nord e delimitate a Sud da faglie normali, aventi rigetti verticali fino a mille metri e che tendono ad estinguersi, verso il basso, sulle superfici di sovrascorrimento.

Le faglie recenti, cui sono connessi anche i fenomeni vulcanici del graben della Piana Campana, sono evidenti, con gli stessi orientamenti e sempre con notevoli rigetti verticali, in tutto l'Appennino Campano-Lucano.

Le aree vulcaniche marine, antistanti la Piana Campana (Isole Pontine, Ischia), sono da mettere in relazione principalmente con strutture recenti ed antiche parallele alla catena, lungo una fascia in cui, in profondità al di sotto dei depositi del Miocene superiore, Pliocene e Quaternario, si ha il probabile contatto tra la crosta assottigliata del tipo tirrenico e quella deformata ed ispessita sottostante la catena.

Lungo tale fascia, si potrebbe avere la sovrapposizione della crosta del bordo orientale tirrenico sulle unità sedimentarie ricoprenti la crosta deformata del margine continentale africano. Le strutture principali recenti che hanno controllato il vulcanismo di questa fascia, quindi, sarebbero da collegare principalmente all'assetto strutturale profondo determinatosi dal Pliocene al Quaternario.

I fenomeni vulcanici dell'area Flegrea, del Roccamonfina e del Vesuvio sono connessi a strutture recenti che interessano anche la crosta, deformatasi probabilmente per fenomeni compressivi fino al Messiniano, sostenente le unità sedimentarie della catena.

Queste zone vulcaniche sono ubicate in corrispondenza dei graben delimitati da faglie orientate NE-SW e NW-SE, là dove si individuano le zone di massimo sprofondamento.

La struttura profonda della Piana Campana è stata indagata sia con prospezioni geofisiche che con pozzi profondi.

I pozzi (profondi sino ad alcune migliaia di metri) però non hanno mai raggiunto, nella parte centrale del graben, il substrato carbonatico sottostante i potenti depositi alluvionali detritici e vulcanici quaternari.

Le strutture profonde quindi risultano ancora oggi di difficile e controversa interpretazione per gli oggettivi limiti delle indagini finora condotte.

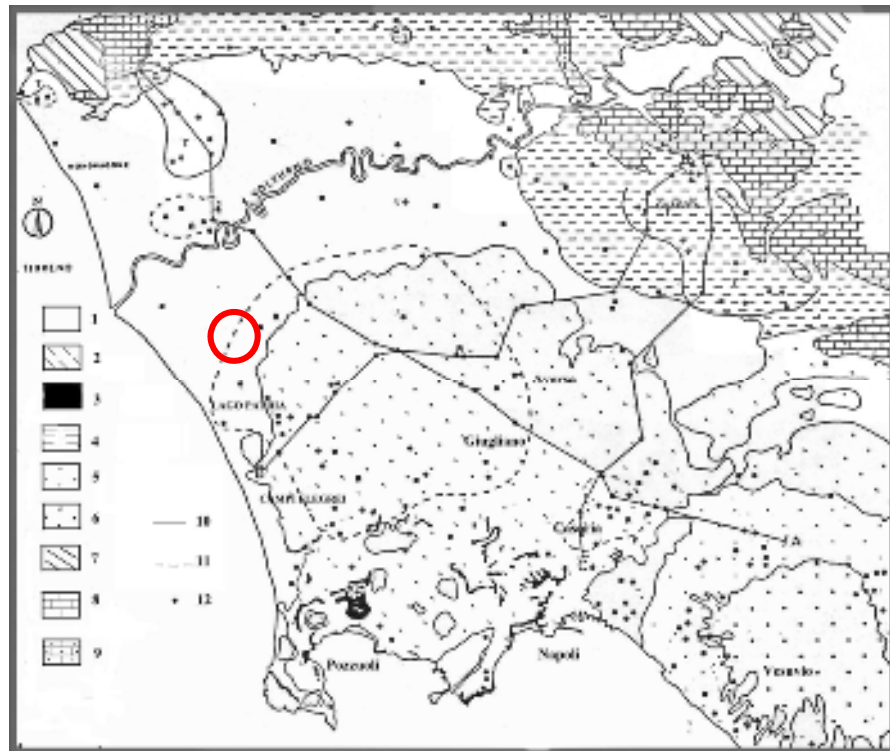
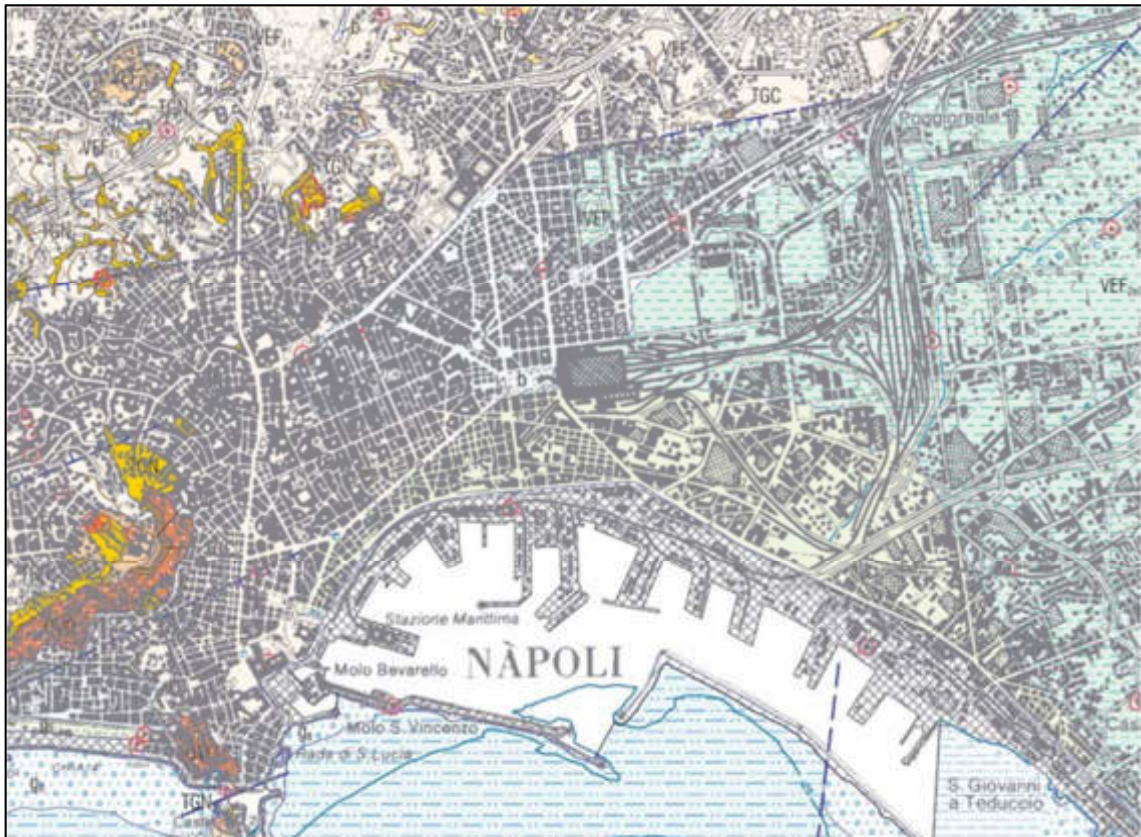


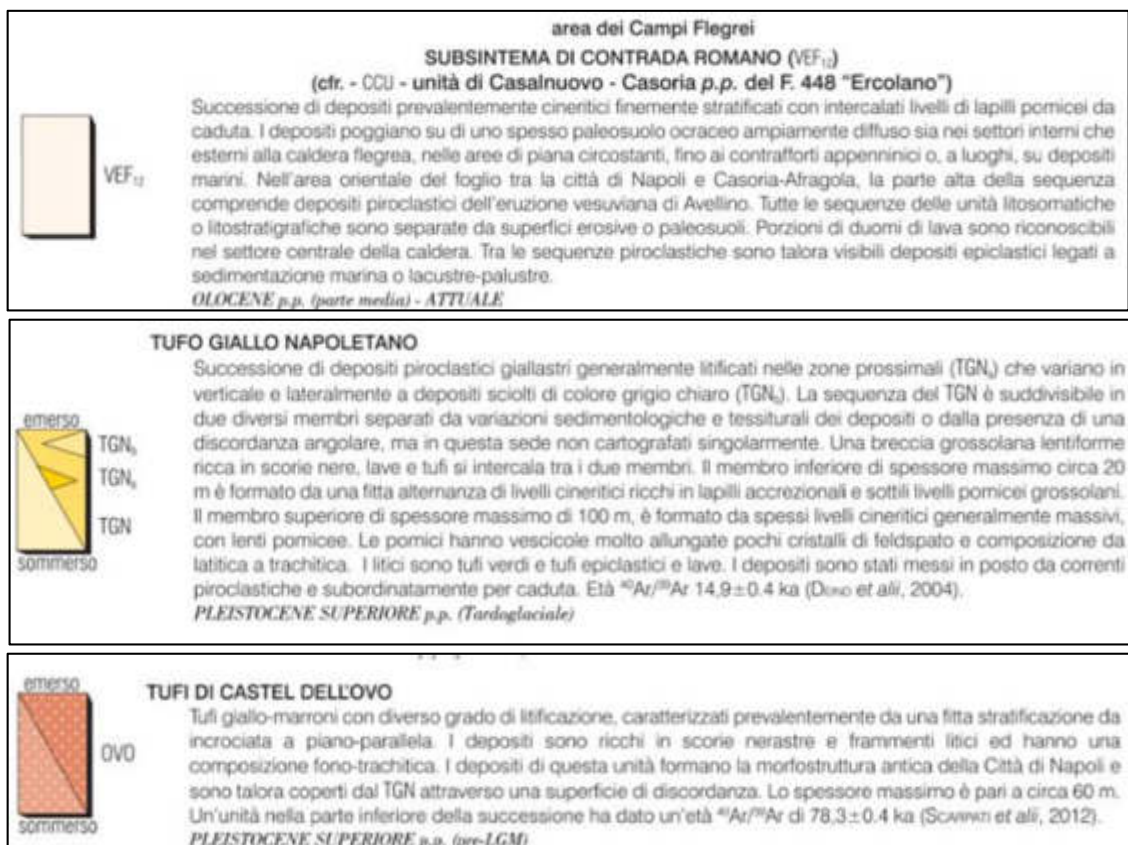
Fig. 5.1 – Schema geologico della Piana Campana (da Ortolani & Aprile, 1985); in rosso l'area di studio. 1) Alluvioni recenti; 2) Piroclastiti recenti dei Campi Flegrei; 3) Tufo giallo; 4) Tufo grigio; 5) Piroclastiti del Somma Vesuvio; 6) Lave e piroclastiti del Somma Vesuvio; 7) Arenarie, argille e marne mioceniche; 8) Calcarei e dolomie della piattaforma Campano-Lucana; 9) Calcarei e dolomie della piattaforma Abruzzese-Campana; 10) Travertino presente nel sottosuolo; 11) Lave a piccola profondità; 12) Perforazioni;

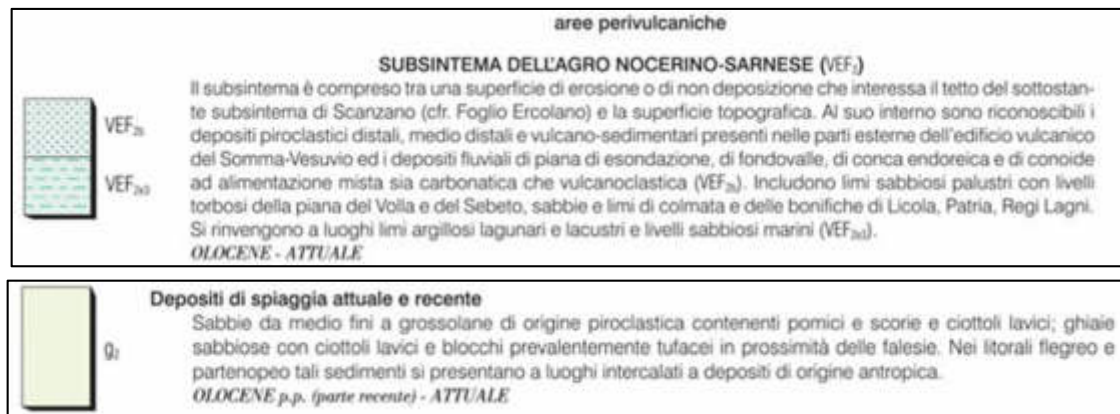
4.1 ASSETTO GEOLITOLOGICO DELL'AREA COMUNALE

I terreni più superficiali affioranti nell'area in esame comprendono essenzialmente piroclastiti di età pleistocenica e subordinatamente sabbie ed argille sabbiose. Queste ultime affiorano nelle zone depresse e sono legate sia alla dinamica costiera attuale e antica sia a depositi alluvionali e lacustri. I litotipi piroclastici sono in genere in giacitura primaria ed hanno una regolare stratificazione secondo un'alternanza di ceneri e pomici frutto di una attività esplosiva ritmica; Il litotipo più rappresentativo dell'area partenopea è rappresentato dal Tufo giallo Napoletano datato circa 13.000 anni fa.



Stralcio foglio n° 447 NAPOLI CARTA GEOLOGICA D'ITALIA 1: 50.000 relativo all'area di studio





Stralcio foglio n° 447 NAPOLI CARTA GEOLOGICA D'ITALIA 1: 50.000 Legenda

Dall'esame degli istogrammi dei tests esaminati, relativi all'area di studio, si evidenziano lievi disomogeneità nelle alternanze stratigrafiche, sia nella fase genetica che tessiturale dei litotipi.

In generale la successione al di sotto del suolo agrario, è rappresentata nella parte sommitale da prodotti dell'attività esplosiva recente, costituiti da strati poco competenti ascrivibili al III periodo flegreo caratterizzati dall'alternanza di livelli cineritici e pomicei, succeduti dalla tipica facies del tufo giallo napoletano (II periodo flegreo), che sfuma lateralmente e superiormente in prodotti meno coerenti di colore grigio (Mappamonte). Il tufo giallo napoletano è una piroclastite a matrice prevalente formata da pomici e da frammenti litici dispersi in una matrice con caratteri granulometrici variabili da grossolani a fini. I frammenti litici sono rappresentati da blocchi lavici a composizione prevalente rachitica. Alla base del tufo giallo è presente un livello di tufi stratificati biancastri separati dal tufo giallo da un paleosuolo. Alla base di tali tufi biancastri è presente la breccia museo-piperno in funzione del grado di litificazione e di peculiari caratteristiche tessiturali.

4.2 MODELLO GEOLOGICO LOCALE DI RIFERIMENTO

Dall'analisi di dati stratigrafici, da fonti bibliografiche e dal confronto con i dati relativi alle prove penetrometriche realizzate nell'area, i terreni costituenti il sottosuolo dell'area collinare di Napoli oggetto di studio sono stati distinti nei seguenti complessi a partire da quelli più recenti dall'alto verso il basso:

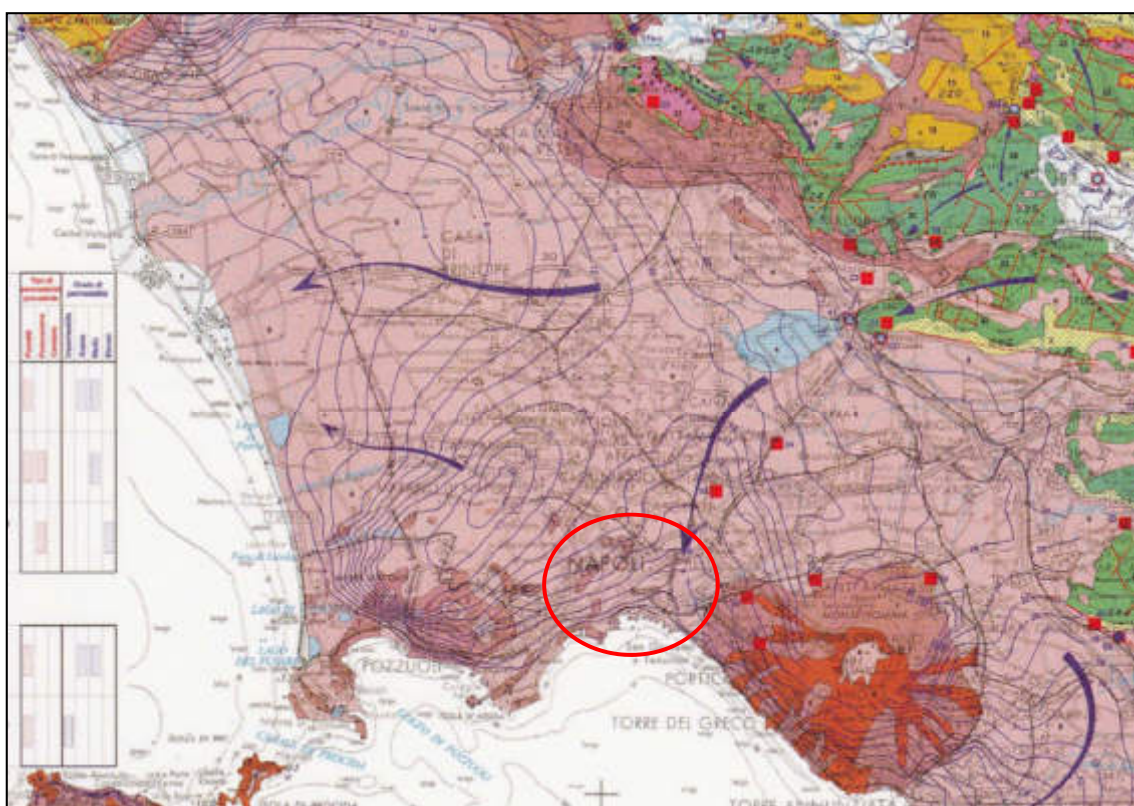
- A. Depositi sabbiosi da medi a grossolani di origine piroclastica lungo il litorale (attuali). – g₂ in carta geologica F 447
- B. Limo sabbiosi con livelli torbosi palustri della piana del Volla e del Sebeto (olocene – attuale) VEF_{2e3} in carta geologica F 447
- C. Piroclastiti cineritiche stratificate costituiti da staterelli alternati di ceneri e pomici ad andamento regolare in giacitura primaria o leggermente rimaneggiate (Olocene). VEF₁₂ in carta geologica F 447
- C. Tufo giallo vacuolare e scoriaceo 13.000 anni BP.(Pleistocene superiore) –TGN – TGN_a – TGN_b in carta geologica F 447

5 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

Il sottosuolo dell'area metropolitana della città di Napoli è sede di una falda idrica profonda che defluisce verso sud, raccordandosi con la superficie marina.

L'acquifero principale è rappresentato dai depositi piroclastici sciolti con granulometria da media a media-grossolana sottostanti la porzione tufacea litoide. Anche il tufo partecipa alla circolazione idrica sotterranea attraverso una permeabilità che si esplica attraverso il sistema di fratture da raffreddamento. Come è tipico per gli acquiferi piroclastici, la circolazione idrica sotterranea, nell'area di studio si raccorda all'incirca all'andamento della topografia.

Il sottosuolo della zona in oggetto pertanto è sede di una falda idrica che defluisce verso sud, raccordandosi con la superficie marina.



Carta idrogeologica dell'Italia meridionale; cerchiata in rosso l'area di Studio (da Celico et alii, 2005).

Gli apporti per travasi sotterranei nella piana campana sono stati stimati nell'ordine di 70 milioni di mc/anno. La trasmissività media dell'acquifero principale è di circa 10^{-2} - 10^{-3} mq / sec. con valori minimi in prossimità della costa (10^{-4} - $2 \cdot 10^{-5}$ mq/sec.). La falda idrica nell'area oggetto del presente studio, misurata in pozzo esistente in area adiacente a quella di studio, si varia da una profondità maggiore di 150 metri dal p.c. nella zona collinare ovest dell'area di studio, fino a raccordarsi al livello del mare nell'area costiera della zona portuale dove la falda si rinviene a circa 1 metro di profondità.

Focalizzandoci all'area in oggetto la circolazione idrica sotterranea è condizionata dalla presenza delle litologie tufacee dal loro grado di fratturazione e della porosità primaria.

Come rappresentato nella allegata carta idrogeologica, emerge inoltre un andamento della circolazione idrica sotterranea orientata verso sud sud-est, in aderenza con quanto previsto a scala generale.

6 PERICOLOSITA' SISMICA

Il territorio di Napoli non presenta, nei suoi confini amministrativi, strutture sismogenetiche note; esso risente dei fenomeni sismici che si originano nella catena appenninica e nelle aree vulcaniche dei Campi Flegrei e del Somma- Vesuvio.

Per quanto concerne la sismicità dell'area, con particolare riferimento alla macrosismologia, la ricerca su quanto avvenuto in passato si è avvalsa dei cataloghi predisposti dalla Comunità Scientifica ed in particolare della documentazione prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.).

Più in dettaglio sono stati esaminati:

- il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI 15;
- il Database collegato al Catalogo DBMI 15 v 4;

I dati di questa analisi sono riassunti nella Tab. successiva, dalla quale si evince che per il territorio comunale di Napoli, la massima intensità sismica risentita è relativa al terremoto Appennino centro meridionale del 05/12/1456 ed è pari all' VIII grado MCS.

Tab. III: osservazioni macrosismiche per il comune di Napoli;
Is rappresenta l'intensità di sito espressa nella scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg, 1930), mentre
Ix l'intensità epicentrale (Mercalli-Cancani-Sieberg, 1930), Mw rappresenta la magnitudo momento
dell'area epicentrale.

Seismic history of Napoli [40.855, 14.260]					
Total number of earthquakes: 183					
Effects	Earthquake occurred:				
Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	nMDP	Ix	Mw
8	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
8	1688 06 05 15 30	Sannio	215	11	7.06
7-8	1349 09 09	Lazio-Molise	24	10	6.80
7-8	1386 03 17	Napoli	1	7-8	3.75
7-8	1805 07 26 21	Molise	220	10	6.68
7	1293 09 04	Sannio-Matese	6	8-9	5.80
7	1456 12 30 08 20	Appennino centro-meridionale	2		
7	1561 07 31 20 10	Penisola sorrentina	5	8	5.56
7	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
7	1732 11 29 07 40	Irpinia	183	10-11	6.75
7	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
7	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
6-7	1575 06 05 20 30	Napoli	2	5-6	3.25
6-7	1756 10 22 14	Napoletano	5	6-7	3.50
6-7	1875 12 06	Gargano	97	8	5.86
6-7	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
D	1280	Napoli	1		
6	1457 01 08	Napoli	1	6	3.37
6	1505 05 18 08 55	Campi Flegrei (Agnano)	3	7-8	3.75
6	1538 04 20	Campi Flegrei	1	5-6	3.25
6	1702 03 14 05	Sannio-Irpinia	37	10	6.56
6	1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11	7.12
5-6	1564 07	Campi Flegrei	2	5	3.12
5-6	1631 12	Area Vesuviana	2	5-6	3.25
5-6	1742 08 17	Napoli	1	5-6	3.25
5-6	1981 02 14 17 27 4	Monti di Avella	85	7-8	4.88

5-6	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	911	8	5.86
5	1406 09 16	Napoli	1	5	3.12
5	1466 01 15 02 25	Irpinia-Basilicata	31	8-9	5.98
5	1498 10 07	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	5-6	3.25
5	1499 03 18 01 45	Napoli	1	5	3.12
5	1508 07 19 08 55	Napoli	1	5	3.12
5	1517 03 29 19	Irpinia	3	7-8	5.33
5	1520 01 28 23 50	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6-7	3.50
5	1536 08 07	Napoli	1	5	3.12
5	1538 09 29 18 30	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	8	3.88
5	1566 05 06 22 45	Campi Flegrei	2	5	3.12
5	1570 04 30 23 06	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6-7	3.50
5	1582 06 05 07 08	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	8	3.88
5	1601 08 10	Napoli	1	5	3.12
5	1627 07 30 10 50	Capitanata	64	10	6.66
5	1646 05 31	Gargano	35	10	6.72
5	1685 05	Penisola Sorrentina	5	5-6	4.73
5	1687 04 25 00 30	Penisola Sorrentina	2	6	4.63
5	1692 03 04 22 20	Irpinia	9	8	5.88
5	1702 03 14 04 30	Sannio-Irpinia	4	6-7	4.86
5	1720 08 28	Cassinese	2	5-6	4.35
5	1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
5	1794 06 12 22 30	Irpinia	16	7	5.26
5	1836 11 20 07 30	Appennino lucano	17	8	5.86
5	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10	6.52
5	1882 06 06 05 40	Isernino	50	7	5.20
5	1883 07 28 20 25	Isola d'Ischia	27	9-10	4.26
5	1915 01 13 06 52 4	Marsica	1041	11	7.08
4-5	1561 08 19 15 50	Vallo di Diano	32	10	6.72
4-5	1568 12 27	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6	3.37
4-5	1657 01 29 02	Capitanata	12	8-9	5.96
4-5	1702 04 02 06 20	Sannio-Irpinia	4	6-7	4.86
4-5	1706 11 03 13	Maiella	99	10-11	6.84
4-5	1731 10 17 11	Tavoliere delle Puglie	6	6-7	4.86
4-5	1743 02 20	Ionio settentrionale	84	9	6.68
4-5	1760 12 23	Area vesuviana	7	6-7	3.50
4-5	1777 06 06 16 15	Tirreno meridionale	9		
4-5	1905 03 14 19 16	Avellinese	94	6-7	4.90
4-5	2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379		6.61
4	1537 02 14	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6-7	3.50
4	1538 09 20	Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1538 09 22	Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1538 09 23	Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1538 09 24	Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1538 09 25	Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1538 09 26	Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1538 09 27	Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1538 09 28 06 00	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	5-6	3.25
4	1538 09 28 17 30	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	5-6	3.25
4	1538 09 29 11 00	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	5-6	3.25
4	1737 03 31 17 20	Monti di Avella	3	7	5.10
4	1739 02 27 04 20	Benevento	3	5-6	4.40
4	1741 08 06 13 30	Irpinia	8	7-8	5.44
4	1779 10 01 00 45	Napoletano	3	6	3.37
4	1783 03 28 18 55	Calabria centrale	323	11	7.03
4	1853 04 09 12 45	Irpinia	47	8	5.60
4	1874 12 06 15 50	Val Comino	43	7-8	5.48
4	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
4	1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8	5.35
4	1927 05 25 02 50	Sannio	54	6	4.98
4	1930 04 27 01 46	Salernitano	26	7	4.98
4	1971 05 06 03 45	Irpinia	68	6	4.83
4	1975 06 19 10 11	Gargano	61	6	5.02
4	1979 09 19 21 35	Valnerina	694	8-9	5.83
4	1980 12 03 23 54 2	Irpinia-Basilicata	11	6	4.83
4	1982 03 21 09 44 0	Golfo di Policastro	125	7-8	5.23
4	1999 10 09 05 41 0	Area vesuviana	38	5	3.24
F	1457 02 10	Capua	2	5-6	4.40
F	1498 10 20	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	7	3.63
F	1654 07 24 00 25	Sorano	44	9-10	6.33

F	1693 01 08	Pollino	16	7	5.27
F	1694 10 07 15	Penisola sorrentina	9	5-6	4.71
F	1782 01 11	Benevento	2	5	4.16
F	1794 06 15	Area vesuviana	3	4	2.87
F	1806 07 21 09	Cassinese	5	5-6	4.40
F	1821 08 02	Calabria centrale	3	7	5.10
F	1826 02 01 16	Potentino	18	8	5.74
F	1826 10 26 18	Salento	7	6-7	5.22
F	1841 02 21	Gargano	13	6-7	5.17
F	1846 08 08	Potentino	13	6-7	5.18
F	1858 03 07 14	Campania meridionale	9	7-8	5.39
F	1858 03 07 19	Vibonati	3	4	3.70
F	1861 12 09	Torre del Greco	3	5-6	3.25
F	1903 05 04 03 44	Valle Caudina	78	7	4.69
F	1905 08 25 20 41	Valle Peligna	29	6	5.15
F	1916 07 03 23 21	Isola di Stromboli	18	5-6	4.66
F	1971 11 29 18 49 3	Alta Val d'Agri	17	5	4.50
F	2016 08 24 01 36 3	Monti della Laga	221	10	6.18
F	2016 10 26 19 18 0	Valnerina	77		6.07
3-4	1703 01 14 18	Valnerina	197	11	6.92
3-4	1735 01 26	Casertano	3	5	4.16
3-4	1806 08 26 07 35	Colli Albani	35	8	5.61
3-4	1836 04 25 00 20	Calabria settentrionale	44	9	6.18
3-4	1851 08 14 14 40	Vulture	10	7-8	5.48
3-4	1893 01 25	Vallo di Diano	134	7	5.15
3-4	1895 02 01 07 24 3	Monti del Partenio	40	5	4.29
3-4	1901 07 31 10 38 3	Sorano	76	7	5.16
3-4	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
3-4	1905 11 26	Irpinia	122	7-8	5.18
3-4	1924 05 09 05 48	Irpinia	8	4	4.71
3-4	1981 01 09 00 12 4	Irpinia-Basilicata	6	5-6	4.36
3-4	2002 11 01 15 09 0	Molise	638	7	5.72
3	1560 05 11 04 40	Costa pugliese centrale	7	8	5.66
3	1638 03 27 15 05	Calabria centrale	213	11	7.09
3	1688 07 23	Capitanata	3	7-8	5.33
3	1688 08 14	Beneventano	3	6-7	4.86
3	1694 10 09	Avellino	2	5-6	4.40
3	1703 01 16 13 30	Appennino laziale-abruzzese	22		
3	1703 02 02 11 05	Aquilano	69	10	6.67
3	1733 05 15 00 30	Puglia	3		
3	1739 02 12 21 30	Tavoliere delle Puglie	5	5-6	4.40
3	1779 12 12	Napoletano	5	6	3.37
3	1805 10 13 22	Pianura Campana	3	7	5.10
3	1814 11 25	Beneventano	2	5-6	4.40
3	1817 04 17	Potentino	7	4-5	3.97
3	1821 11 22 01 15	Costa molisana	9	7-8	5.59
3	1832 03 08 18 30	Crotonese	99	10	6.65
3	1858 05 24 09 20	Tavoliere delle Puglie	13	4-5	4.35
3	1870 10 04 16 55	Cosentino	54	9-10	6.24
3	1872 10 08 13 25	Cosentino	6	5	4.72
3	1881 09 10 07	Chietino	43	7-8	5.41
3	1895 08 09 17 38 2	Adriatico centrale	103	6	5.11
3	1903 12 07 05 58	Beneventano	9	4-5	4.14
3	1907 12 18 19 21	Monti Picentini	35	5-6	4.52
3	1922 12 29 12 22 0	Val Roveto	119	6-7	5.24
3	1923 11 08 12 28	Appennino campano-lucano	28	6	4.73
3	1924 03 26 20 50	Sannio	12	4	4.06
3	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83
3	1936 04 03 18 42	Valle Caudina	10	5-6	4.25
3	1948 08 18 21 12 2	Gargano	58	7-8	5.55
3	1973 08 08 14 36 2	Appennino campano-lucano	29	5-6	4.75
3	1980 06 14 20 56 5	Marsica	69	5-6	4.96
3	1996 04 03 13 04 3	Irpinia	557	6	4.90
2-3	1873 07 12 06 06	Val Comino	61	7-8	5.38
2-3	1919 10 22 06 10	Anzio	142	6-7	5.22
2	1854 02 12 17 50	Cosentino	89	10	6.34
2	1867 08 15 23 30	Isola d'Ischia	2	4-5	2.99
2	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
2	1885 09 17 09 35	Benevento	22	5	4.26
2	1885 12 26 02	Molise	28	5-6	4.66

2	1889 12 08	Gargano	122	7	5.47
2	1908 12 28 04 20 2	Stretto di Messina	772	11	7.10
2	1925 09 24 13 33 4	Molise occidentale	50	7	5.26
2	1956 09 22 03 19 3	Gargano	57	6	4.64
2	1977 07 24 09 55 2	Irpinia	85	5-6	4.37
2	1978 02 08 04 10 2	Irpinia	100	5-6	4.44
2	2003 06 01 15 45 1	Molise	501	5	4.44
NF	1783 02 05 12	Calabria meridionale	356	11	7.10
NF	1828 02 02 09 15	Isola d'Ischia	10	8-9	4.01
NF	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5.74
NF	1880 07 24 05 40	Isola di Ventotene	5	6	4.63
NF	1881 03 04 12 15	Isola d'Ischia	17	9	4.14
NF	1887 12 03 03 45	Calabria settentrionale	142	8	5.55
NF	1915 09 23 18 07	Marsica	18	6	5.07
NF	1927 12 26 15 06 1	Colli Albani	38	7	4.89
NF	1967 12 09 03 09 5	Adriatico centrale	22		4.36
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62

Le nuove norme tecniche in materia di rischio sismico (OPC 3274/2003), indicano **4** valori di accelerazioni orizzontali **ag/g** di ancoraggio dello spettro di risposta elastico; pertanto, il numero delle **zone** è fissato in **4**.

Ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (**ag**), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, Ciascuna è contrassegnata da un valore del parametro **ag max.** secondo lo schema successivo:

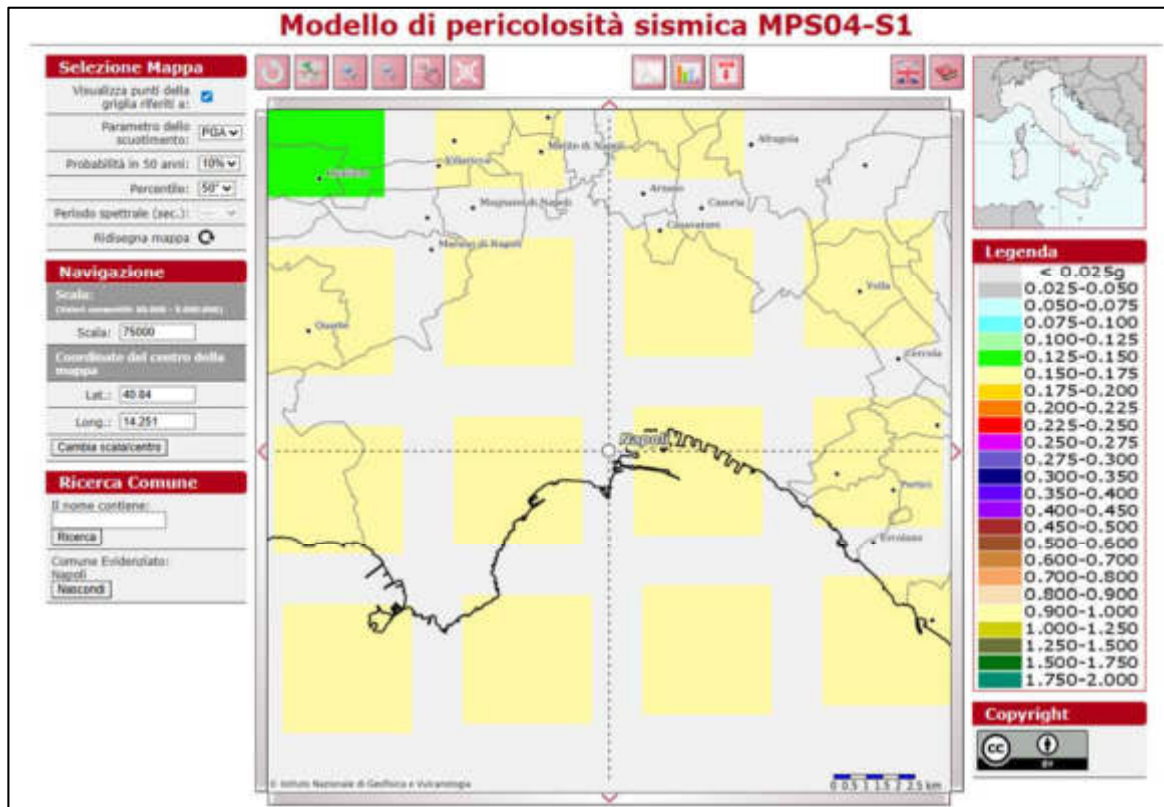
Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni valore di a g / g	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico valore di ag / g
1	> 0.25	0.35
2	0.15 - 0.25	0.25
3	0.05 - 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Livelli energetici delle Azioni sismiche previste dall'OPCM 3274/03 per le varie zone

Per quanto riguarda l'area in oggetto, dal novembre 2002, (D.G.R. n°5447 del 07/11/2002 e D.G.R. n°248 del 24/01/2003 "*Circolare applicativa dell'Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania*") il territorio Comunale di **Napoli** rientra in zona sismica di II^a Categoria. (in generale si fa riferimento anche all'OPCM 3274).

Per quanto riguarda la pericolosità sismica di base, la definizione del terremoto di progetto è stato effettuato prendendo a riferimento la procedura utilizzata per la definizione della pericolosità sismica nazionale dall'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

Attraverso la mappa di pericolosità sismica interattiva è stata individuata per l'area di studio un range di pericolosità sismica basata sulla definizione della PGA in termini di **accelerazione sismica di picco a(g) compresa tra 0.150 – 0.175**.



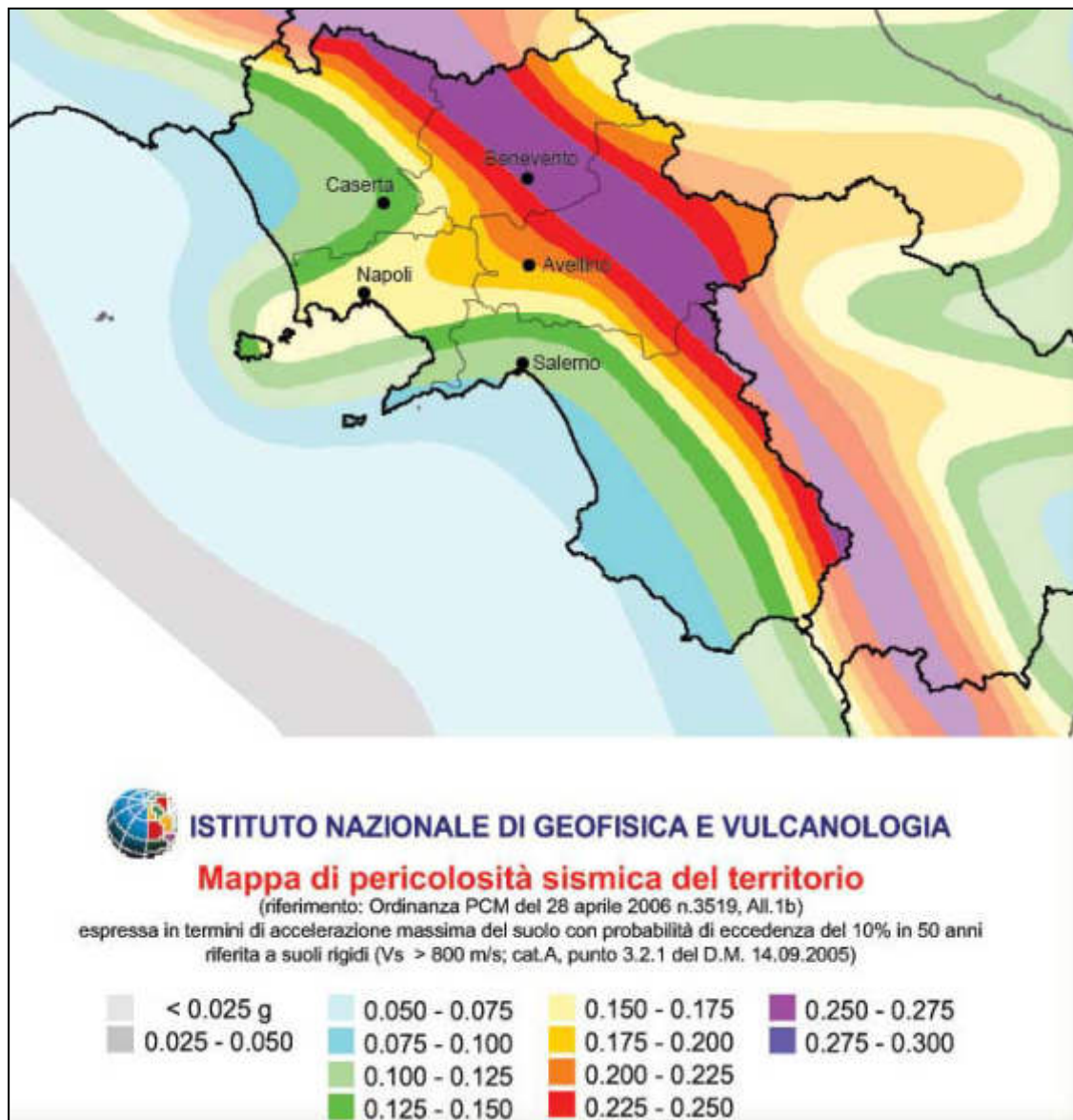
Mappa di Pericolosità Sismica della Campania Fonte INGV

Mentre dai dati di disaggregazione dei parametri sismici epicentrali è stato parametrizzato il terremoto che meglio rappresenta le amplificazioni di sito:

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.98	8.54	0.951

**Disaggregazione del valore $a(g)$ con probabilit  di eccedenza del 10% in 50 anni.
(Coordinate del punto lat: 40.783, lon: 14.2163, ID: 334222)**

Il DM 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» che sostituisce il DM 14 gennaio 2008 stabilisce che le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosit  sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.



Mapa di Pericolosità Sismica della Campania Fonte INGV

La pericolosità sismica (**PGA Peak ground acceleration**) è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa **ag** in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria **A**), nonché di ordinate dello **spettro di risposta elastico** in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R . Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

ag -accelerazione orizzontale massima al sito;

Fo -valore max del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T*C -periodo di inizio del tratto a vel. costante dello spettro in acc. orizzontale.

In allegato alla norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di **ag**, **Fo** e **T*C** necessari per la determinazione delle azioni sismiche, riferendosi ad una griglia di

parametri spettrali di riferimento che copre tutto il territorio nazionale con passo di circa 15 Km per nodo.

Inoltre, la suddetta norma, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle cinque categorie definite nella Tab. successiva propone l'adozione di un sistema di caratterizzazione, da eseguire con un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

- h_i spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Come specificato nel paragrafo successivo, dall'elaborazione delle indagini sismiche effettuate, e dal confronto di queste con i dati stratigrafici, ci troviamo nel caso specifico nella condizione stratigrafica di substrato sismico posto a profondità superiore ai 30 metri, pertanto la categoria di sottosuolo viene calcolata riferendoci ai valori di velocità delle onde di taglio mediate, sui primi 30 metri di terreno (V_{s30}):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, n} \frac{h_i}{V_i}}$$

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, come sopra già specificato, la nuova normativa sismica, semplificando la molteplicità delle situazioni geologiche possibili su un generico sito, tende alla modellizzazione sintetica del sottosuolo dettando le seguenti definizioni per le varie categorie di profilo stratigrafico per il suolo di fondazione:

A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

6.1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI SITO

Per addivenire ad informazioni circa l'entità e la distribuzione dei parametri sismici, necessari alla stesura di questa parte di studio, si sono utilizzati i dati scaturiti dall'indagini geognostiche effettuate in sito secondo quanto prescritto dalle norme legislative vigenti Nazionali e Regionali.

In particolare, sono stati eseguiti, a tale proposito, n. 1 profilo sismico multicanale di lunghezza 25 m mediante la tecnica MASW e n. 3 profili sismici multicanale mediante la tecnica HVSR. Il metodo MASW canalizza medie frequenze quindi indaga medie profondità. Mentre il metodo HVSR analizzando le basse frequenze riesce a caratterizzare maggiori profondità.

Il rilievo geofisico MASW (multichannel analysis of surface waves) è utilizzato per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio (VS) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con algoritmi genetici. L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali della SARA Electronic Instruments S.r.l. di Perugia, modello DOREMI, con processore Pentium IV esterno, display VGA a colori in LCD-TFT 15". Sono stati utilizzati 24 geofoni da 4,5 Hz e, come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 5 Kg battuta su una piastra metallica.

La caratterizzazione sismica con sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso. Le vibrazioni sismiche ambientali (rumore sismico o microtremore) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm (Okada, 2003). L'analisi delle misure di rumore sismico che sembra fornire i risultati migliori è proprio quello dei rapporti spettrali H/V noto anche come metodo HVSR. L'apparecchiatura utilizzata si compone di n.1. PC portatile Acer per il salvataggio dei dati acquisiti, un Tromografo digitale SR04 a tre componenti con frequenza dei geofoni di 2 Hz, Per l'interpretazione dei dati sperimentali relativi alle indagini sismiche HVSR è stato utilizzato il software di elaborazione Sesmowin.

Confrontando i dati scaturiti dalle indagini sismiche MASW e HVSR con i dati stratigrafici quali risultano dai relativi sondaggi a carotaggio continuo e con quelli relativi a prove penetrometriche, è stato possibile effettuare una caratterizzazione geosismica degli strati litologici significativi costituenti il sottosuolo: L'elaborazione dei dati sopra menzionati, confrontati con la stratigrafia scaturita dalle analisi dirette effettuate nel sito in oggetto, ha permesso quindi di effettuare una caratterizzazione del sito in oggetto dal punto di vista della risposta sismica.

Da cui, analizzando il valore della Vs per i singoli strati, si ricava il valore della Vs30.

MASW 1 Eg

Modello										MASW			
strato	Descrizione	h [m]	z [m]	Densità [kg/m ³]	Falda	Poisson	Vs [m/s]	Vs fixed	Vs min [m...]	Vs max [...]	Vp [m/s]	Alluvionale	Vs fin. [m/s]
1		2.50	-2.5	1400	NO	0.40	145.78	NO	72.89	218.67	357.09	NO	145.780
2		2.50	-5	1400	NO	0.40	258.83	NO	129.42	388.25	634.00	NO	258.830
3		3	-8	1500	NO	0.35	340.41	NO	170.21	510.62	708.62	NO	340.410
4		4	-12	1600	NO	0.35	446.46	NO	223.23	669.69	929.38	NO	446.460
5		3	-15	1600	NO	0.35	519.88	NO	259.94	779.82	1082.22	NO	519.880
6		5	-20	1800	NO	0.30	601.46	NO	300.73	902.19	1125.23	NO	601.460
7		5	-25	1800	NO	0.30	601.46	NO	300.73	902.19	1125.23	NO	601.460
8		∞	-∞	1800	NO	0.30	601.46	NO	300.73	902.19	1125.23	NO	601.460

Spessore (metri)	Velocità onde S (metri/secondo)	Vs 30 m/sec
2.5	146	398
2.5	259	
3.0	340	
4.0	446	
3.0	520	
15.0	615	

MASW 1 Pr

Modello										MASW			
strato	Descrizione	h [m]	z [m]	Densità [kg/m ³]	Falda	Poisson	Vs [m/s]	Vs fixed	Vs min [m...]	Vs max [...]	Vp [m/s]	Alluvionale	Vs fin. [m/s]
1		3	-3	1400	NO	0.40	167	NO	84	251	409	NO	167
2		3	-6	1400	SI	0.48	212	NO	106	318	1081	NO	212
3		7	-13	1400	SI	0.48	244	NO	122	366	1244	NO	244
4		10	-23	1500	SI	0.48	373	NO	187	560	1902	NO	373
5		2	-25	1600	SI	0.48	548	NO	274	822	2794	NO	548
6		∞	-∞	1600	SI	0.48	548	NO	274	822	2794	NO	548

Spessore (metri)	Velocità onde S (metri/secondo)	Vs 30 m/sec
3	167	298
3	212	
7	244	
10	373	
7	548	

MASW 1 Cav

Modello													MASW
strato	Descrizione	h [m]	z [m]	Densità [kg/m³]...	Falda	Poisson	Vs [m/s]	Vs fixed	Vs min [m...	Vs max [...	Vp [m/s]	Alluvionale	Vs fin [m/s]
1		3	-3	1400	NO	0.40	156	NO	78	234	382	NO	156
2		2.50	-5.5	1400	NO	0.40	205	NO	103	308	502	NO	205
3		4.50	-10	1400	SI	0.48	242	NO	121	363	1234	NO	242
4		8	-18	1500	SI	0.48	358	NO	179	537	1825	NO	358
5		7	-25	1600	SI	0.48	524	NO	262	786	2672	NO	524
6		00	-00	1600	SI	0.48	524	NO	262	786	2672	NO	524

Da cui, analizzando il valore della Vs per i singoli strati, si ricava il valore della Vs30.

Spessore (metri)	Velocità onde S (metri/secondo)	Vs 30 m/sec
3	156	314
2.5	205	
4.5	242	
8	358	
12	524	

MASW 1 Gar

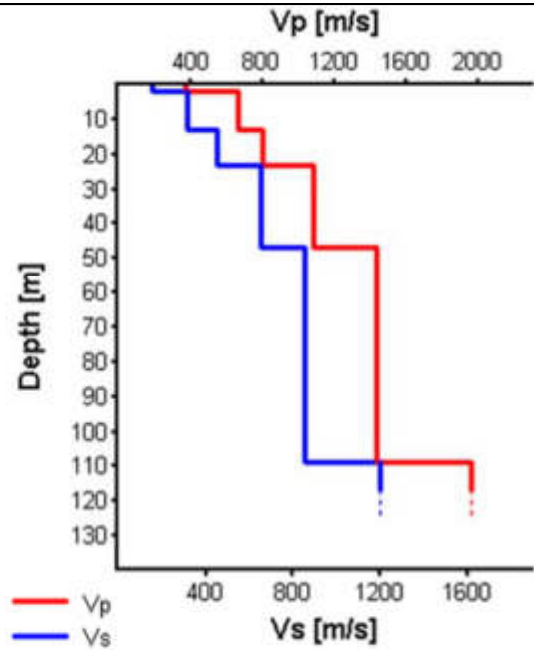
Modello													MASW
strato	Descrizione	h [m]	z [m]	Densità [kg/m³]	Falda	Poisson	Vs [m/s]	Vs fixed	Vs min [m/s]	Vs max [m/s]	Vp [m/s]	Alluvionale	Vs fin.[m/s]
1		3	-3	1400	NO	0.40	145	NO	77	218	355	NO	145
2		2	-5	1400	NO	0.40	190	NO	95	380	465	NO	190
3		3.50	-8.5	1400	NO	0.40	220	NO	110	441	539	NO	220
4		5.50	-14	1500	NO	0.35	332	NO	174	498	691	NO	332
5		11	-25	1600	NO	0.35	554	NO	174	831	1153	NO	554
6		00	-00	1600	NO	0.35	554	NO	276	831	1153	NO	554

Da cui, analizzando il valore della Vs per i singoli strati, si ricava il valore della Vs30.

Spessore (metri)	Velocità onde S (metri/secondo)	Vs 30 m/sec
3	145	324
2	190	
3.50	220	
5.50	332	
16	554	

HVSR 1 Eg

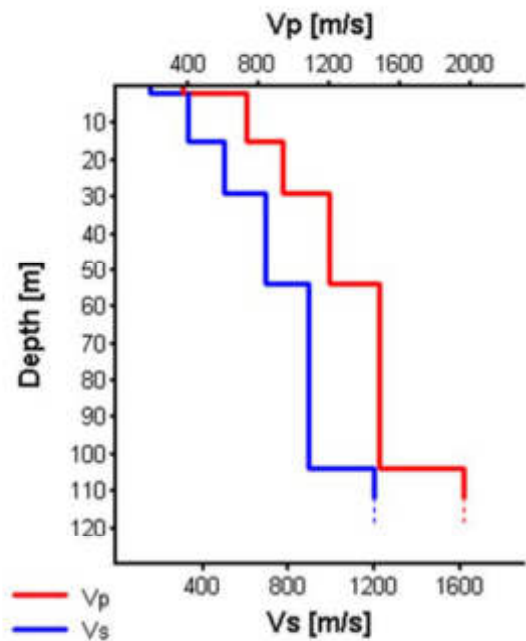
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
2	2	367	150	1350
11	13	663	310	1400
10	23	802	450	1500
24	47	1085	650	1600
62	109	1435	850	1700
-	> 109	1960	1200	1800



Vs 30 = 367 m/s (Offset = 0 m)

HVSR 2 eg

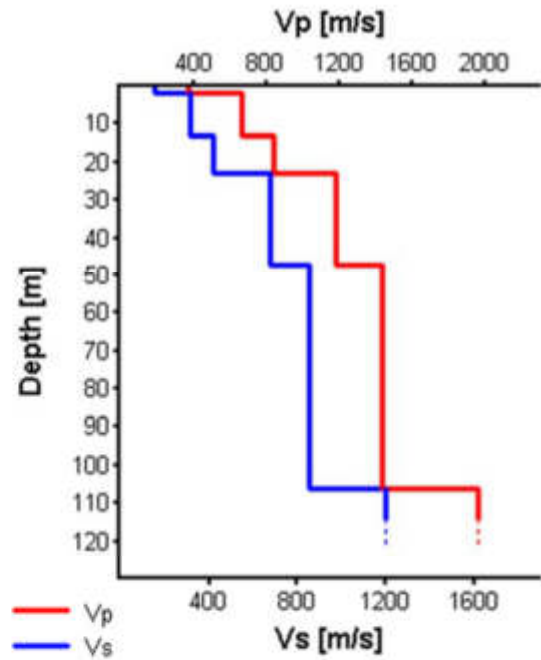
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
2	2	367	150	1350
13	15	727	330	1400
14	29	935	500	1500
25	54	1195	690	1600
50	104	1485	890	1700
-	> 104	1960	1200	1800



Vs 30 = 365 m/s (Offset = 0 m)

HVSR 3 eg

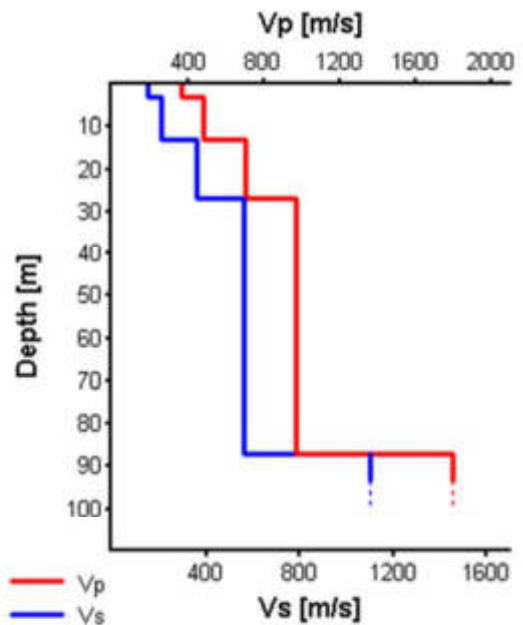
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
2	2	367	150	1350
11	13	663	310	1400
10	23	834	420	1500
24	47	1178	680	1600
59	106	1435	850	1700
-	> 106	1960	1200	1800



Vs 30 = 362 m/s (Offset = 0 m)

HVSR 1 pr

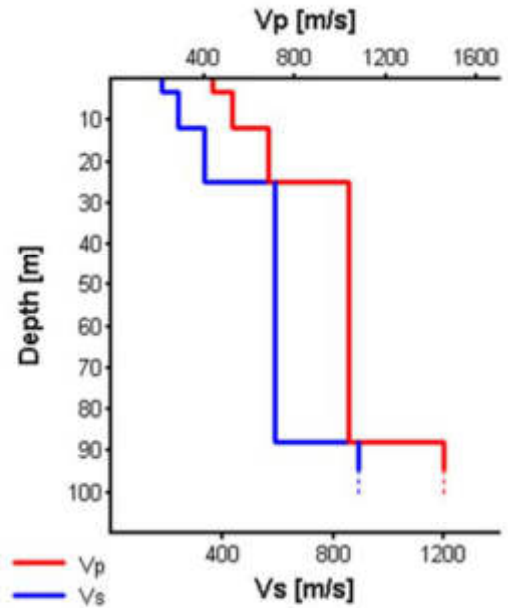
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
3	3	367	150	1400
10	13	477	210	1500
14	27	700	360	1600
60	87	970	560	1700
-	> 87	1796	1100	1900



Vs 30 = 268 m/s (Offset = 0 m)

HVSR 2 pr

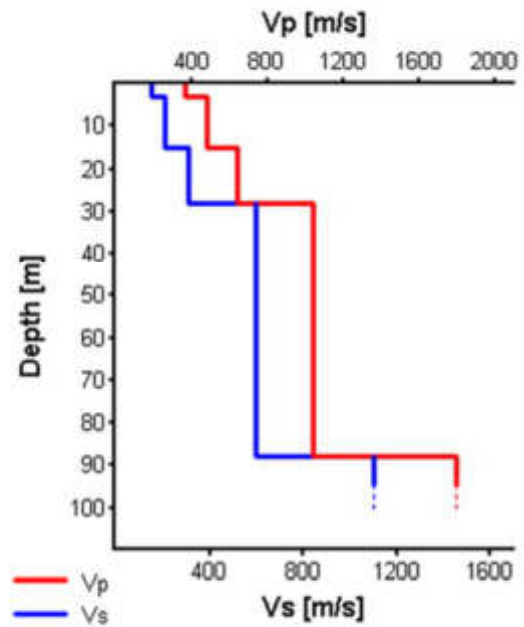
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
3	3	441	180	1400
9	12	528	240	1500
13	25	687	330	1600
63	88	1036	590	1700
-	> 88	1453	890	1800



Vs 30 = 294 m/s (Offset = 0 m)

HVSR 3 pr

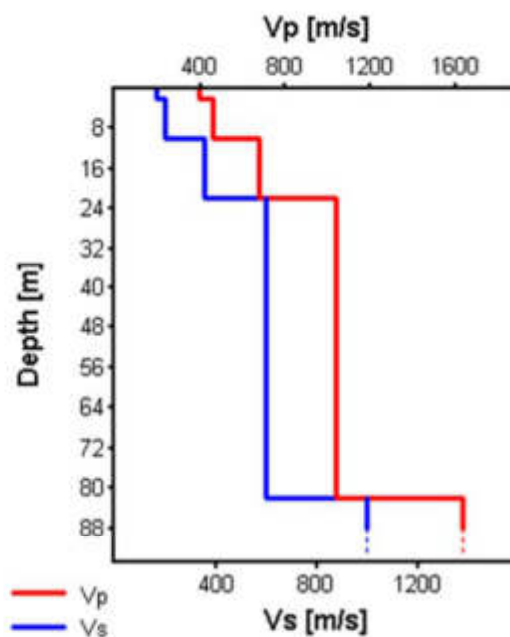
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
3	3	367	150	1400
12	15	477	210	1500
13	28	645	310	1600
60	88	1039	600	1700
-	> 88	1796	1100	1900



Vs 30 = 245 m/s (Offset = 0 m)

HVSR 4pr

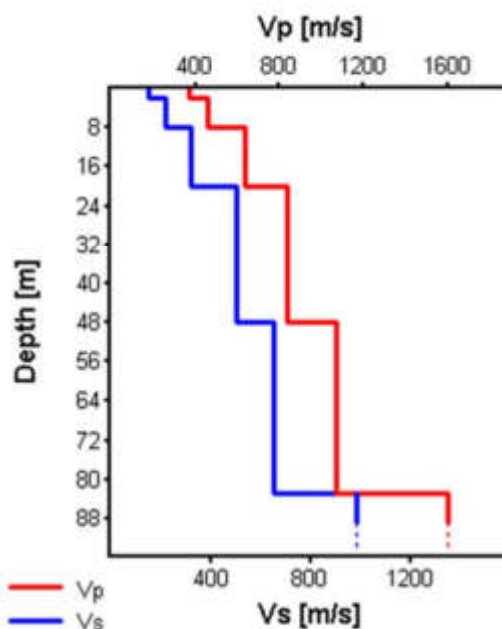
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
2	2	392	160	1400
8	10	455	200	1500
12	22	680	350	1600
60	82	1039	600	1700
-	> 82	1633	1000	1900



Vs 30 = 300 m/s (Offset = 0 m)

HVSR 5pr

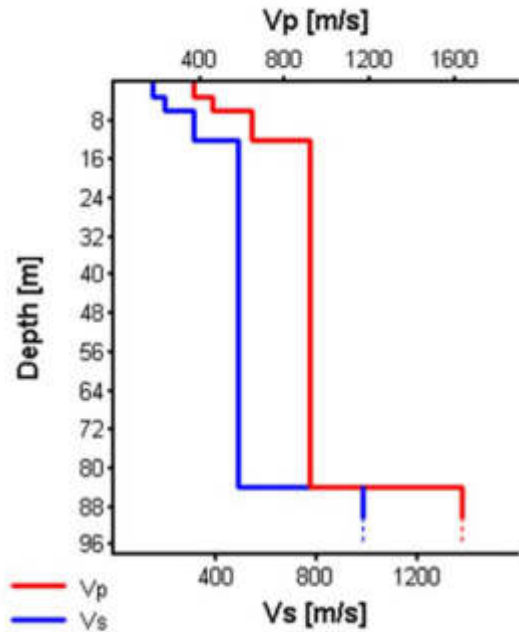
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
2	2	367	150	1400
6	8	458	220	1500
12	20	635	320	1600
28	48	835	500	1700
35	83	1073	650	1800
-	> 83	1600	980	1900



Vs 30 = 306 m/s (Offset = 0 m)

HVSR 6 pr

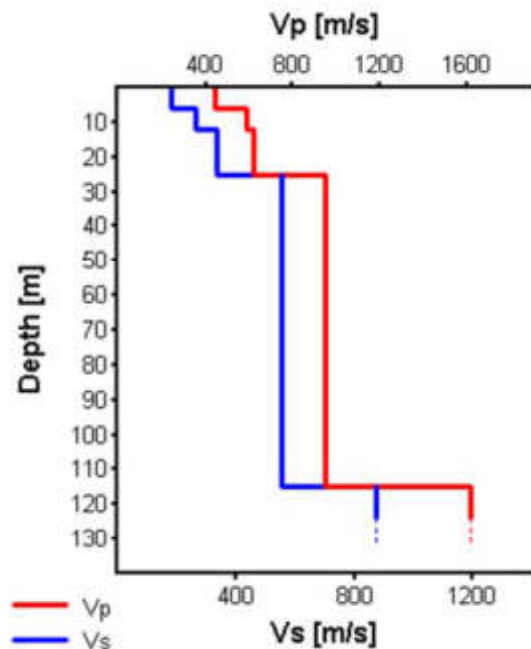
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
3	3	367	150	1400
3	6	455	200	1500
6	12	645	310	1600
72	84	917	490	1700
-	> 84	1636	980	1900



Vs 30 = 329 m/s (Offset = 0 m)

HVSR 1 Cav

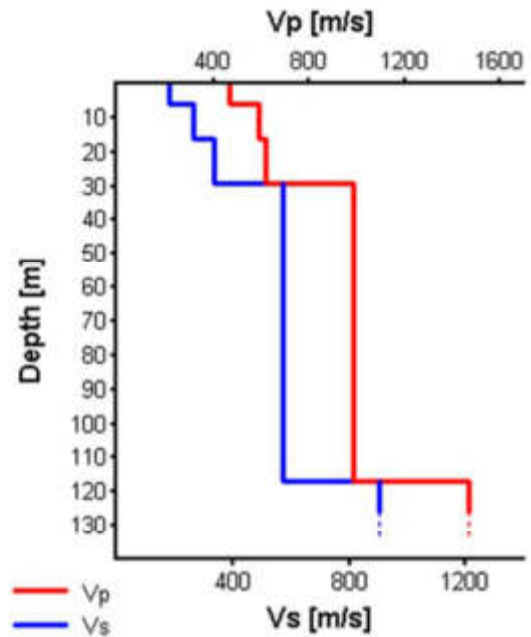
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
6	6	441	180	1400
6	12	591	260	1500
13	25	617	330	1600
90	115	953	550	1700
-	> 115	1617	870	1900



Vs 30 = 286 m/s (Offset = 0 m)

HVSR 2 Cav

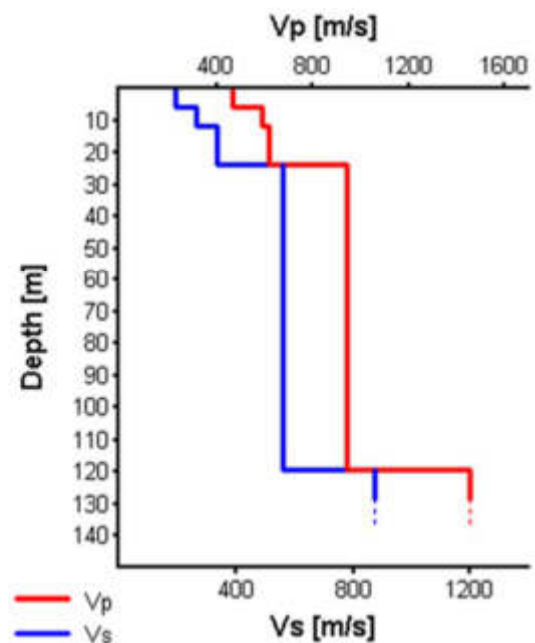
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
6	6	465	180	1400
10	16	591	260	1500
13	29	617	330	1600
88	117	987	570	1700
-	> 117	1470	900	1900



Vs 30 = 266 m/s (Offset = 0 m)

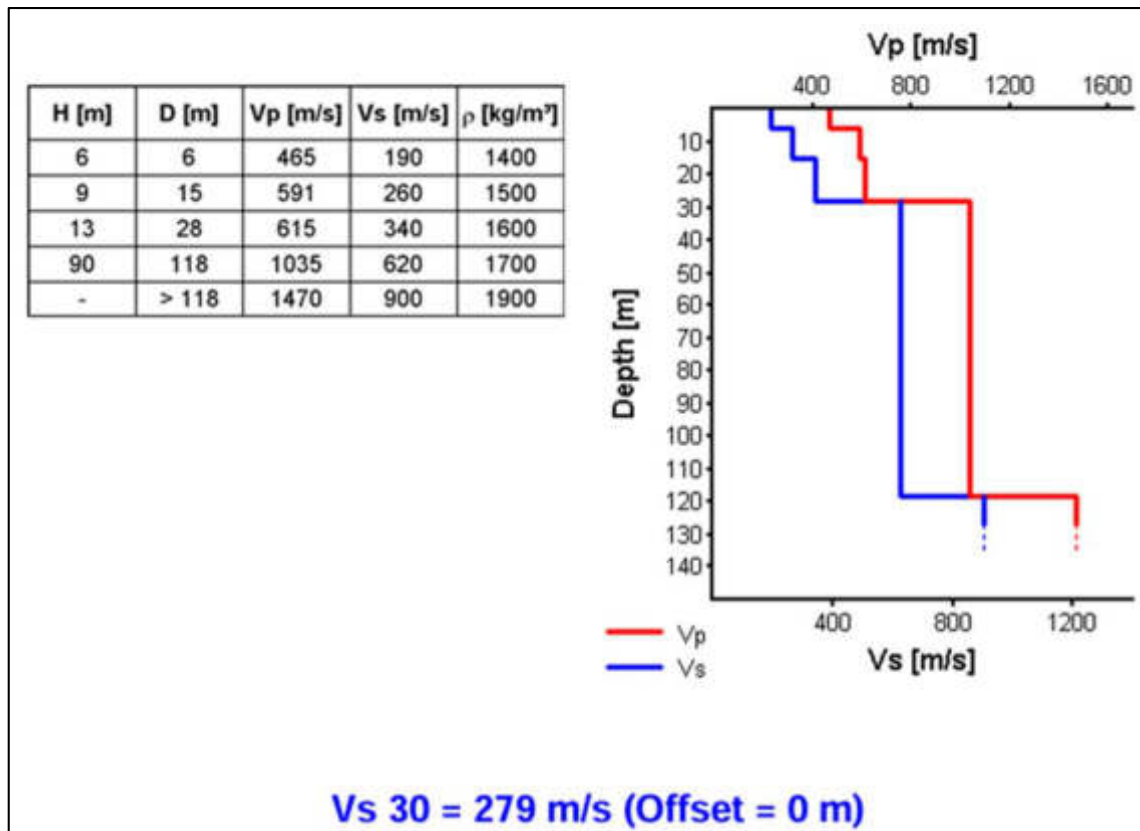
HVSR 3 Cav

H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
6	6	465	190	1400
6	12	591	260	1500
12	24	617	330	1600
95	119	946	560	1700
-	> 119	1452	870	1900



Vs 30 = 295 m/s (Offset = 0 m)

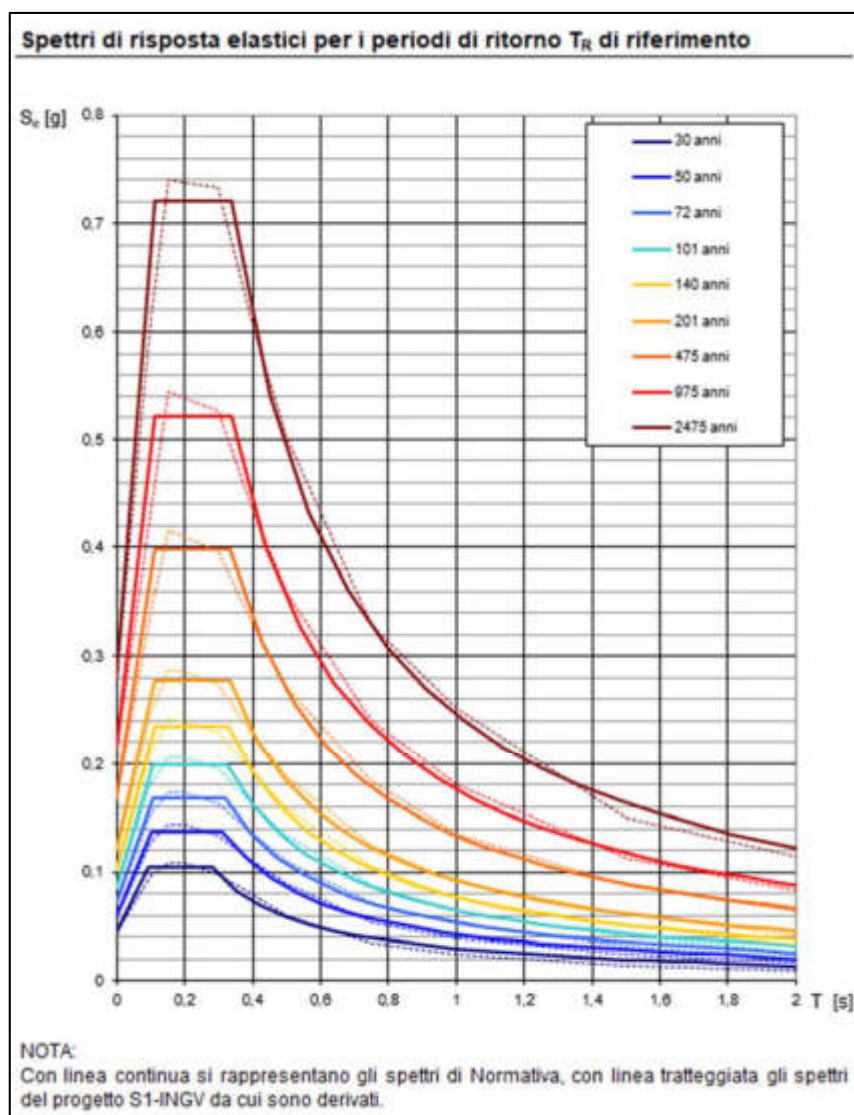
HVSr 4 Cav



Il “range” dei valori calcolati mette in evidenza che, il sottosuolo dell’area del centro storico in variante di Napoli oggetto di studio risulta caratterizzato da un valore della **Vs30 variabile** da una media di 370 m/sec che caratterizza l’area di Pizzofalcone e delle colline ad ovest **ricadendo pertanto nella categoria di suolo B (360 m/s - 800 m/s)**, a circa 270 m/sec che caratterizza le aree pianeggianti e subpianeggianti della restante parte di territorio, **ricadendo pertanto nella categoria di suolo C (180 m/s - 360 m/s) in accordo con quelle che sono le caratteristiche sismiche tipiche dei terreni dell’area. Tale valore è stato calcolato partendo dai terreni posti al piano campagna.**

Come anzi detto, Il livello di sismicità di una specifica area viene caratterizzato attraverso lo spettro di risposta elastico. Per il calcolo dei parametri spettrali si è fatto uso del programma edito sul sito web del Ministero Delle Infrastrutture Spettri-NTC ver.1.0.3. e di quello sul sito della GEOSTRU. Per avere indicazione degli spettri relativi a diverse condizioni stratigrafiche si riportano di seguito due spettri ricavati in zona collinare e in zona pianeggiante di centro città.

Partendo dalle coordinate medie del sito in oggetto zona collinare di pizzofalcone **LAT 40.833885° e LON 14.47186°** (Cfr. Fig. 2.1) si ricavano i valori di A_g , F_0 e T^*C riferiti al punto indicativo del sito in oggetto, in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (di categoria **A**) con superficie topografica orizzontale, ossia in assenza di effetti locali. Nel grafico e nella tabella successiva vengono riportati in forma grafica e in forma tabellare gli spettri di risposta e i parametri spettrali relativi al sito in oggetto:

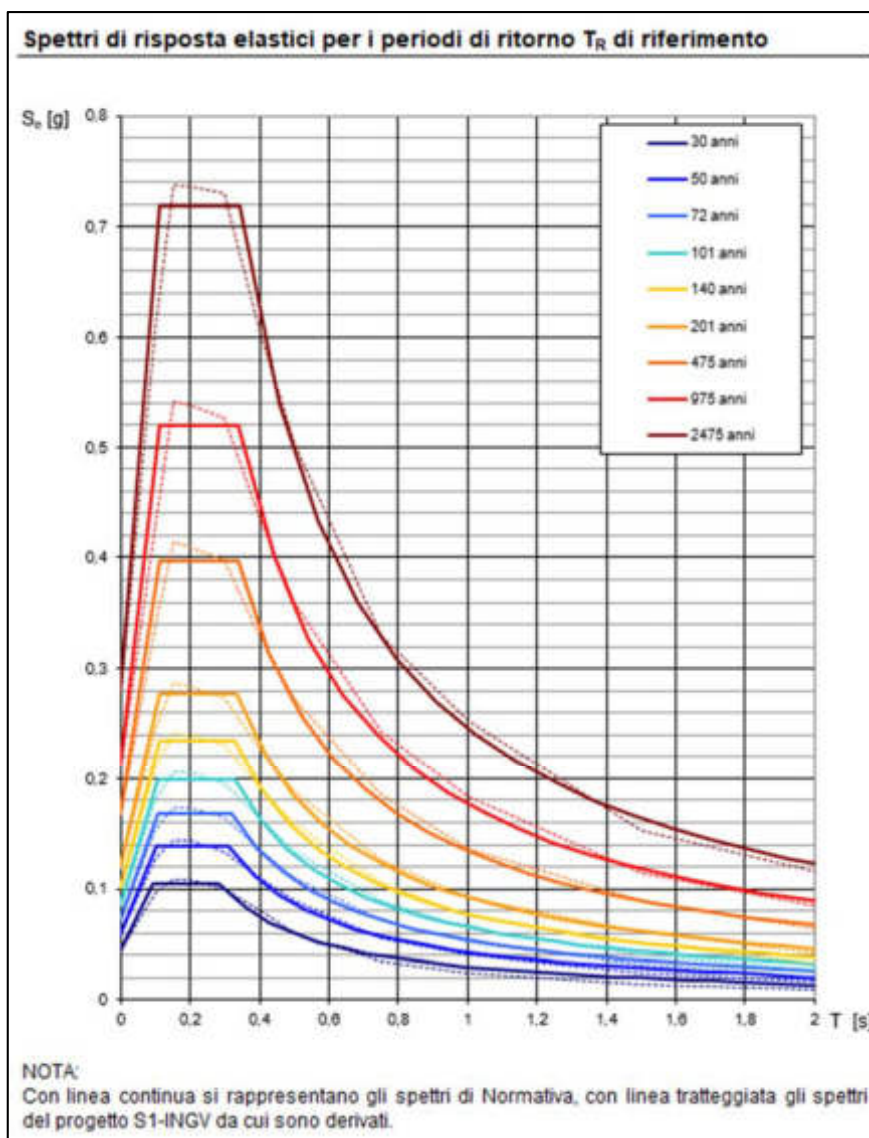


T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T^*_c (s)
30	0,044	2,345	0,283
50	0,059	2,329	0,312
72	0,072	2,319	0,320
101	0,086	2,319	0,326
140	0,101	2,315	0,329
201	0,120	2,307	0,332
475	0,168	2,365	0,335
975	0,214	2,432	0,338
2475	0,281	2,564	0,340

Valori dei parametri A_g F_o T^*_c per i periodi di ritorno T_R di riferimento per il sito in oggetto

Mentre dalle coordinate medie del sito in oggetto zona piazza Cavour LAT 40.852437° e LON 14.250451° (Cfr. Fig. 2.1) si ricavano i seguenti valori di A_g , F_o e T^*_c riferiti al punto indicativo del sito in oggetto, in condizioni di campo libero su sito di

riferimento rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale, ossia in assenza di effetti locali. Nel grafico e nella tabella successiva vengono riportati in forma grafica e in forma tabellare gli spettri di risposta e i parametri spettrali relativi al sito in oggetto:



T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T_c^* (s)
30	0,045	2,345	0,284
50	0,059	2,339	0,312
72	0,072	2,329	0,322
101	0,085	2,333	0,329
140	0,100	2,328	0,332
201	0,119	2,320	0,335
475	0,166	2,379	0,340
975	0,212	2,445	0,343
2475	0,279	2,571	0,344

Valori dei parametri A_g F_o T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento per il sito in oggetto

6.2 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Con il termine di liquefazione si intende riferirsi alla perdita di resistenza dei terreni saturi sotto sollecitazioni statiche o dinamiche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella delle masse viscosi. Ciò avviene solitamente nei depositi di sabbie sciolte fini quando sotto l'azione di carichi applicati o di forze idrodinamiche, la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad uguagliare la pressione totale di confinamento, cioè quando gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero.

L'occorrenza della liquefazione ha effetti in superficie solamente in particolari condizioni. Nel caso di terreno pianeggiante, gli effetti in superficie sono trascurabili se lo spessore dello strato più superficiale non liquefacibile è maggiore dello spessore dello strato sottostante liquefacibile.

il Potenziale di liquefazione di un determinato terreno sabbioso si esprime attraverso un coefficiente di sicurezza dato dal rapporto tra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (R) e lo sforzo tagliente indotto dal sisma di progetto (T):

$$F_s = R/T$$

I terreni suscettibili alla liquefazioni sono quelli la cui resistenza alla deformazione è mobilitata per attrito tra le particelle, quindi i terreni incoerenti.

la grandezza T dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto). R è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche dinamiche, statiche o con i valori delle velocità delle onde S ricavati da stendimenti di sismica a rifrazione.

La grandezza T viene ricavata attraverso la relazione:

$$T (CSR) = 0.65 \left(\frac{a_{max}}{g} \right) r_d \left(\frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \right)$$

Che rappresenta in altre parole la tensione indotta dal terremoto

dove:

T o csr = resistenza ciclica alla liquefazione

a_{max} = accelerazione sismica massima;

g = accelerazione di gravità = 980.7 cm/s²;

σ_v = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;

σ'_v = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;

r_d (coefficiente funzione della profondità dal p.c.) = $(1-0.015z)$

La resistenza alla liquefazione **R (crr)**, nel caso specifico, viene valutata in funzione della magnitudo del sisma di progetto (terremoto atteso per l'area in oggetto), numero di colpi penetrometrici $N_{(60)}$, pressione verticale effettiva, densità relativa. Il numero di colpi penetrometrici $N_{(60)}$ rappresenta il numero di colpi N_{spt} normalizzato ad una pressione effettiva di confinamento di 100 KPa e un fattore di rendimento energetico di 0.6 nell'esecuzione della prova.

$$R (CRR) = \frac{\tau_{ult}}{\sigma'_{vo}}$$

In altre parole R è la resistenza normalizzata rispetto alla tensione efficace verticale iniziale σ'_{vo} .

Per quanto riguarda il valore di Magnitudo locale di progetto, sono state seguite le procedure contenute in *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica* edito da Dip. Prot. Civile (2009). La ragione per la quale la magnitudo entra in gioco è che, tanto più è elevata, tanto maggiore è l'energia rilasciata e, quindi, la capacità di generare cicli di deformazione del terreno di numero ed ampiezza tali da produrre sovrappressioni neutre e fenomeni di liquefazione. Per le stesse ragioni, eventi di M elevata possono produrre impulsi in grado di conferire elevate energie cinetiche a parti di terreno o di rocce e quindi fenomeni di instabilità.

Tabella 2.8-1 – Valori di M_{max} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M_{max}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Alte zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza-Sannio	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio - Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

In particolare per l'area in oggetto sono state individuate due zone soismogenetiche rappresentate dalla Zona 928 (Ischia Vesuvio) e la zona 927 (Appennino Abruzzese Sannio Irpina Basilicata) che presentano distanza minima dalla zona in oggetto rispettivamente di circa 20 e 70 Km (Cfr fig successiva).

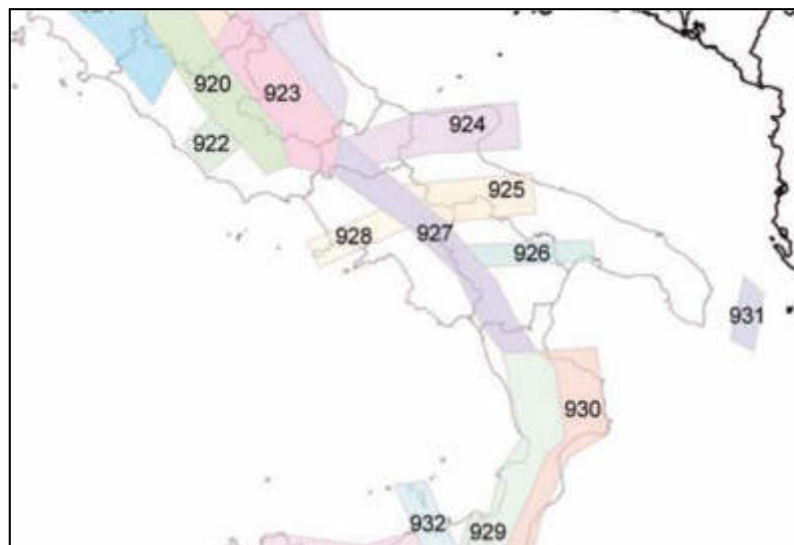


Figura 7.1 - Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento (Gruppo di lavoro, 2004).

Nell'ambito di una variante al PUC per la valutazione del potenziale di liquefazione, si fa riferimento a quanto esposto nella microzonazione sismica di I Livello, considerando la profondità di falda dal piano campagna (Cfr. OPCM 3274/2003, D.M. 17/01/2018 NTC, Indirizzi e criteri di microzonazione sismica Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento della Protezione Civile 09/2008). Pertanto ai fini della definizione del potenziale di liquefazione si fa riferimento a quanto riportato nella citata cartografia, Carta delle MOPS, che si riporta in allegato. Dall'analisi di tale cartografia in aderenza con quanto prescritto dalla norma, le aree del centro storico suscettibili a tale fenomenologie sono quelle dove la profondità di falda si attesta ad una profondità inferiore ai 15 metri dal piano campagna, rappresentata quindi nell'area di studio dalle aree costiere, prospicienti il porto ed il lungomare e le aree depresse relative all'area di stazione e all'area orientale.

7 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

La caratterizzazione dei parametri fisici dei terreni caratterizzanti il sottosuolo delle aree oggetto di studio, è stata realizzata sulla scorta dei risultati di indagini geognostiche realizzate sul territorio comunale di Napoli oggetto di studio. Per il calcolo delle caratteristiche di fisico meccaniche dei terreni, sono state prese a riferimento in particolare le prove penetrometriche, prove SPT in foro, analisi di laboratorio su campione indisturbati.

Con le informazioni geomeccaniche fornite dalle indagini realizzate è possibile conoscere il punto critico di rottura del terreno e la sua risposta alle sollecitazioni.

La stratigrafia litotecnica scaturita dall'integrazione dei dati relativi alle indagini geognostiche realizzate in sito è la seguente:

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

DPSH 1 Eg

Numero di strato LITOLOGIA	Prof. (m)	N _{SPT}	Peso di volume γ (kN/m^3)	Angolo di attrito Φ (°)	Modulo Edometrico E_d (Mpa)	Modulo Elastic o Y (Mpa)	Modulo Poisson ν	Modulo di taglio G (Mpa)	Densità relativa D_r (%)
Strato (1) Riporto antropico	0,00-0,80	5,51	13,92	24,09	56,45	13,14	9,83	0,34	31,70
Strato (2) Terreno vegetale	0,80-1,40	2,94	13,57	21,64	38,64	11,01	7,94	0,35	17,57
Strato (3) Piroclastite limoso sabbiosa	1,40-6,00	5,69	13,94	24,24	44,4	13,22	9,90	0,34	32,68
Strato (4) Piroclastite sabbioso limosa	6,00-8,80	11,33	14,65	28,04	51,53	26,68	21,48	0,33	62,43
Strato (5) Piroclastite limoso sabbiosa	8,80-13,00	8,82	14,34	26,5	39,57	23,58	18,57	0,34	49,34
Strato (6) Tufo da semilitoide a litoide	13,00-14,20	45,82	17,90	41,22	82,45	68,77	61,39	0,26	232,18

DPSH 2 Eg

Numero di strato LITOLOGIA	Prof. (m)	N _{SPT}	Peso di volume γ (kN/m^3)	Angolo di attrito Φ (°)	Modulo Edometrico Ed (Mpa)	Modulo Elastic o Y (Mpa))	Modulo Poisson v	Modulo di taglio G (Mpa)	Densità relativa Dr (%)
Strato (1) Riporto frammisto a terreno vegetale	0,00-2,80	3,47	13,65	22,21	41,1	12,24	8,12	0,35	20,53
Strato (2) Piroclastite sabbioso limosa	2,80-10,40	9,79	14,46	27,12	49,45	24,01	19,69	0,33	54,42
Strato (3) Tufo	10,40-10,80	63,94	18,85	45,97	100	89,69	82,36	0,22	317,59

DPSH 3 Eg

Numero di strato LITOLOGIA	Prof. (m)	N _{SPT}	Peso di volume γ (kN/m^3)	Angolo di attrito Φ (°)	Modulo Edometrico Ed (Mpa)	Modulo Elastic o Y (Mpa))	Modulo Poisson v	Modulo di taglio G (Mpa)	Densità relativa Dr (%)
Strato (1) Riporto frammisto a terreno vegetale	0,00-3,60	3,68	13,67	22,43	40,98	12,34	8,18	0,35	21,69
Strato (2) Piroclastite limoso sabbiosa	3,60-6,00	4,66	13,80	23,36	38,11	13,76	9,45	0,34	27,08
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	6,00-7,60	15,61	15,16	30,3	62,73	33,55	28,94	0,32	84,38
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	7,60-9,80	8,01	14,24	25,96	41,17	21,23	17,63	0,34	45,07
Strato (5) Piroclastite sabbioso limosa	9,80-15,20	12,52	14,80	28,7	44,76	30,20	25,76	0,33	68,58

DPSH 4 Eg

Numero di strato LITOLOGIA	Prof. (m)	N _{SPT}	Peso di volume γ (kN/m^3)	Angolo di attrito Φ (°)	Modulo Edometrico Ed (Mpa)	Modulo Elastic o Y (Mpa))	Modulo Poisson v	Modulo di taglio G (Mpa)	Densità relativa Dr (%)
Strato (1) Riporto	0,00-1,60	2,76	13,55	21,43	38,64	12,42	7,89	0,35	16,55
Strato (2) Piroclastite limosa pedogenizzata e alterata	1,60-6,00	3,88	13,70	22,63	36,88	15,51	8,25	0,35	22,80
Strato (3) Piroclastite limoso sabbiosa	6,00-7,80	8,66	14,32	26,4	46,89	32,52	11,22	0,34	48,50
Strato (4) Piroclastite sabbioso limosa	7,80-10,60	15,54	15,15	30,27	56,42	14,16	28,87	0,32	84,02

Strato (5) Piroclastite limoso sabbiosa	10,60-11,20	7,84	14,22	25,84	37,44	61,16	10,85	0,34	44,17
Strato (6) Tufo	11,20-12,40	42,14	17,65	40,14	83,76	12,42	57,13	0,27	214,61

SPT SP U1 Cav

Strato	Prof. (m)	NSPT	Peso di volume (KN/m ³)	Peso di volume saturato (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)
SPT1	7,40-7,85	11,00	14,61	18,90	27,85	28,54	24,19	0,33	60,72
SPT2	9,30-9,75	9,00	14,36	18,75	26,62	22,66	18,78	0,34	50,28
SPT3	10,80-11,25	7,00	14,11	18,59	25,25	14,79	10,48	0,34	39,70
SPT4	13,20-13,65	17,00	15,32	19,34	30,97	34,16	30,37	0,32	91,42
SPT5	15,25-15,70	15,00	15,09	19,20	30	32,29	28,31	0,32	81,28
SPT6	17,30-17,75	19,00	15,54	19,48	31,88	36,04	32,43	0,32	101,50
SPT7	19,30-19,75	23,00	15,97	19,74	33,57	41,79	36,55	0,31	121,47
SPT8	21,20-21,65	10,00	14,49	18,83	27,25	27,10	23,16	0,33	55,52

SPT SP 581 Gall

Strato	Prof. (m)	NSPT	Peso di volume (KN/m ³)	Peso di volume saturato (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)
SPT1	5,00-5,45	7,00	14,11	18,59	25,25	14,79	10,48	0,34	39,70
SPT2	7,80-8,25	7,00	14,11	18,59	25,25	14,79	10,48	0,34	39,70
SPT3	11,30-11,75	8,00	14,24	18,67	25,95	22,23	17,62	0,34	45,01
SPT4	14,30-14,75	13,00	14,85	19,05	28,96	31,41	26,25	0,33	71,05
SPT5	18,20-18,65	21,00	15,76	19,61	32,75	40,91	34,49	0,31	111,51

Conformemente a quanto emerso dal complesso programma di raccolta dati, indagine e campionamento effettuato sul territorio, i terreni caratterizzanti il sottosuolo dell'area in oggetto rivelano un comportamento geotecnico segnato da parametri a rottura e di deformabilità che sono associabili sia ai mezzi puramente incoerenti.

Per quanto riguarda le piroclastiti, il grosso delle bancate piroclastiche rinvenute in profondità, è costituito da terreni a grana media con sfondi ghiaiosi e limosi subordinati. La parte limosa è costituita maggiormente dalle ceneri vulcaniche. La frazione ghiaiosa è fornita dalla parte litoide dei termini tufacei ovvero prodotti di attività esplosiva come lapilli, scorie, pomici e xenoliti vari. In ogni caso, l'entità dei parametri a rottura e di deformabilità associabili a detti terreni si mantiene media o medio – alta.

8. ICMS 2008 METODOLOGIA E ELABORAZIONI

METODOLOGIA DI ANALISI

Il presente capitolo espone le modalità di acquisizione e di elaborazione dei dati geologici, geotecnici, sismici e cartografici adottate nella realizzazione dello studio di Microzonazione Sismica di Secondo Livello ed illustra la cartografia tematica prodotta secondo la norma vigente e in particolare a quanto richiesto dagli ICMS 2008 per l'esecuzione di studi di Microzonazione Sismica.

Le nuove Linee Guida per la Microzonazione Sismica vanno applicate agli studi di microzonazione sismica a corredo degli strumenti di pianificazione urbanistica generale e loro varianti e agli strumenti Urbanistici Attuativi.

In funzione dei diversi contesti e dei diversi obiettivi gli studi di MS possono essere effettuati a vari livelli di approfondimento, con complessità ed impegno crescenti, passando dal livello 1 fino al livello 3.

LIVELLO I: si applica in sede di PUC e consente di delineare gli scenari della pericolosità sismica e di identificare le parti del territorio comunale suscettibili di effetti sismici locali: amplificazione del moto sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, liquefazione, rottura del terreno, ecc.;

LIVELLO II: si applica in sede di PUA a tutte le parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica individuati nella precedente fase e per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche del territorio che comportano un incremento dei carichi urbanistici/insediativi e per il territorio compreso nel perimetro del "centro abitato" così come previsti dalla normativa vigente e lungo le fasce delle nuove reti infrastrutturali;

LIVELLO III: si applica in sede di PUA per le scelte di trasformazione urbanistica nelle aree con particolari criticità geologiche, geomorfologiche e geotecniche. Si applica altresì alle aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Essendo il comune di Napoli già provvisto di Studio di Microzonazione sismica di I livello redatta ai sensi dell'ICMS 2008 verrà proposto per la microzonazione sismica del territorio come stabilito dalla D. G. R. n. 118, A.G.C.5 del 27/05/2013 la cartografia relativa alla microzonazione di I livello per l'area di studio e di quella immediatamente al contorno.

Per quanto riguarda invece l'entrata in vigore delle nuove norme tecniche sulle costruzioni, a valle dello studio integrativo e delle indagini espletate per redigere la presente relazione integrativa, verrà effettuato un'analisi circa l'aderenza o meno dello studio geologico già presentato con le nuove norme.

MICROZONAZIONE SISMICA DI PRIMO LIVELLO

Il livello 1 ha per obiettivo l'individuazione delle microzone a comportamento sismico omogeneo su una carta a scala 1:5.000 – 1:10.000. Il livello 1 costituisce uno studio propedeutico e obbligatorio per affrontare i successivi livelli di approfondimento. I risultati di questo livello possono orientare la scelta del livello successivo di approfondimento (livello 2 e/o livello 3). Solo in alcuni casi particolari i risultati di questo

approfondimento possono essere considerati esaustivi e definitivi. Condizione preliminare per la realizzazione di questo livello è la messa a punto di un quadro conoscitivo generale, che riguarda un territorio più vasto rispetto a quello in cui si andranno a effettuare gli studi di MS.

A seguito della predisposizione del quadro conoscitivo generale verrà realizzata la Carta delle indagini per l'area di studio in scala 1:10.000 o superiore.

Generalmente nella Carta delle indagini dovranno essere indicati:

- la localizzazione delle indagini pregresse raccolte;
- il tipo di indagini;
- le aree dove si ritiene importante o indispensabile che vengano effettuate ulteriori indagini.

Il secondo elaborato Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica sono riportate tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) derivate da carte ed elaborati esistenti, necessari alla definizione del modello di sottosuolo e funzionali alla realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (livello 1).

Il terzo elaborato previsto in questo livello è la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica. La carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e della valutazione dei dati litostratigrafici (si sottolinea che si tratta di dati pregressi, già disponibili per l'area), è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.).

Le microzone della carta sono classificate in tre categorie:

A) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°);

B) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;

C) zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (non sono necessariamente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto). I principali tipi di instabilità sono:

- instabilità di versante
- liquefazioni
- faglie attive e capaci
- cedimenti differenziali

Inoltre, nella carta sono rappresentate alcune caratteristiche morfologiche del territorio e, laddove individuabili, forme sepolte che possono contribuire ad eventuali effetti di amplificazione.

Attraverso questo livello, quindi, sarà possibile:

- l'individuazione delle aree a minore pericolosità locale (zone stabili);
- la programmazione di indagini di approfondimento, sulla base delle diverse tipologie di effetti attesi;

- l'individuazione delle aree per le quali sono necessari ulteriori livelli di approfondimento.

Tabella 1.6-1 - Livello1. Sintesi delle indagini, elaborazioni e prodotti	
Indagini	Raccolta dati pregressi: rilievi geologici, geomorfologici, geologico-terrici e sondaggi
Elaborazioni	Sintesi dei dati e della cartografia disponibili
Prodotti	Carta delle indagini Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica Raccomandazioni relative ai livelli di microzonazione e prospettiva sismica

Per quanto riguarda la rappresentazione cartografica, la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Livello 1 o Carta delle MOPS) è costruita sulla base degli elementi predisponenti alle amplificazioni e alle instabilità sismiche già riportati nella CGT_MS (Carta Geologico Tecnica). Le basi topografiche utilizzate per la rappresentazione della carta, dovranno essere a scala 1: 10.000 o superiore.

In funzione delle informazioni rappresentate, la legenda è distinta nelle seguenti parti:

- zone stabili
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali
- zone di attenzione per le instabilità
- faglie attive e capaci/fratture vulcaniche cosismiche
- forme di superficie e sepolte

Come si evince anche dalla cartografia di I livello prodotta è presente nell'area di studio una presunta faglia attiva e capace, la cui definizione è ancora oggi in via di definizione. Possono escludersi il verificarsi di cedimenti differenziali attesa l'omogeneità laterale dei terreni e, in considerazione della morfologia collinare, sono possibili fenomeni di instabilità di versante sia per cause naturali sia per modificazione antropiche del territorio. Per quanto riguarda l'eventuale sussistenza di cavità, dalle indagini e dai rilievi effettuati sono state riscontrate cavità che interessano diffusamente l'area di studio come censite nello studio MS-ICMS 2008 la cui presenza è legata alla quota sul livello del mare e dalla presenza della litologia tufacea oggetto di estrazione. Considerata la soggiacenza della falda, che si trova a luoghi a profondità inferiore ai 15 metri dal piano campagna, l'area del centro storico oggetto del presente studio risulta in piccola parte suscettibile al verificarsi di fenomeni di liquefazione. La zona suscettibile a tale fenomenologia è rappresentata dalle aree poste ad una altitudine dal livello di falda, (che corrisponde approssimativamente al livello marino o di poco superiore), inferiore ai 15-16 metri.

Pertanto i fattori che concorrono alla definizione delle MOPS nell'area di studio sono relativi all'amplificazione del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico, la presenza di cavità come forme di superficie e sepolte e la presenza di zone potenzialmente liquefacibili come zone di attenzione per instabilità, in aderenza con quanto previsto nello studio e relativa cartografia ICMS redatta a scala comunale. Di seguito si riporta la tabella che sintetizza le principali unità litologiche della città di Napoli così definite nella Carta Geologico Tecnica allegata alla Microzonazione Sismica ICMS 2008.

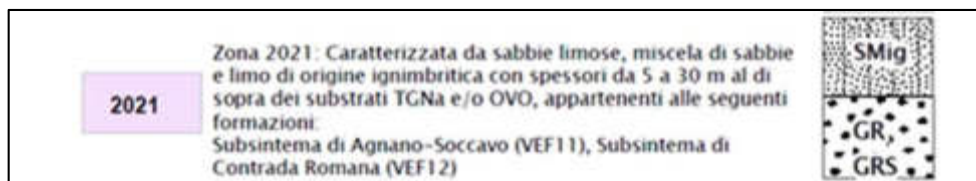
Nel dettaglio, le unità litologiche principali definite nella CGT_MS sono le seguenti:

	CARG	Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica
Substrato geologico	TNI: Tufo di Nisidia	GR - Granulare cementato
	TGN, TGNa: Tufo Giallo Napoletano	GR - Granulare cementato
	TGNb: Tufo Giallo Napoletano	ISS - Incoerente o poco consolidato, stratificato
	TVD: Tufo del Verdolino	GRS - Granulare cementato stratificato
	TTR: Tufi di Trentaremi	GR - Granulare cementato
	TMS: Tufi di Masseria del Monte	IS - Incoerente o poco consolidato
	TGC, TGC1, TGCa: Tufo Grigio Campano	GR - Granulare cementato
	RAC: Piroclastiti di Torre di Franco	ISS - Incoerente o poco consolidato, stratificato
	OVO: Tufiti di Castel dell'Ovo	GRS - Granulare cementato stratificato
Terreni di copertura	b - Depositi alluvionali	SWfg +SWca Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di origine fluviale e di conoidi alluvionale
	d - Depositi eolici	SWde Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di origine eolica
	g2 - Depositi di spiaggia attuale e recente	SWsp Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di origine costituenti le spiagge attuali e recenti
	e - Depositi lacustri e palustri, VEF2e3	SMpl Sabbie limose, miscela di sabbie e limo costituenti i depositi lacustri e palustri
	VEF12, VEF11, VEF2b	SMig Sabbie limose, miscela di sabbie e limo di origine ignimbritica
	b4a - Depositi alluvionali	GMca Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo costituenti le conoidi alluvionali
	Detrito di versante	GMfd Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo costituenti la falda detritica
	FLP - Litosoma di Fossa Lupara; ATH - Litosoma di Astroni, GNP - Piroclastiti di Agnano - Monte Spina, MLV - Piroclastiti di Monte Oliveto, ERG - Litosoma di Masseria D'Angelo, ISN - Litosoma di San Nicola, CSD - Litosoma di Costa San Domenico, ISA - Piroclastiti di Pisani, MOP - Piroclastiti di Minopoli, GPP - Piroclastiti di Agnano, TEA - Tufi di Santa Teresa, UGL - Unità di Pomigliano	GMig Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di origine ignimbritica
	LMP - Lave di Monte Spina	GMla Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo costituenti le colate laviche
	RI - Terreni di riporto	RI Terreni contenenti resti di attività antropica

Focalizzando l'analisi dell'area oggetto di variante, questa nella CGT-MS, per la maggior parte del territorio, ricade nei litotipi dei terreni di copertura SM ig che comprende le formazioni VEF 12, VEF 11 e VEF 2b della carta geologica d'Italia, definiti come: Sabbie limose, miscela di sabbie e limo di origine ignimbritica (piroclastica), SW sp che comprende la formazione g2 depositi di spiaggia attuali e recenti ossia sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose costituenti i depositi di spiaggia attuali e recenti e SW fg che comprende la formazione b depositi alluvionali; mentre relativamente ai litotipi afferenti al substrato geologico per porzioni limitate il territorio in studio ricade in GR e in GRS granulare cementato che nella carta geologica d'Italia comprende le formazioni del tufo di Nisidia TNI e del Tufo giallo napoletano TGN, e OVO: tufiti di Castel dell'Ovo.

Mentre nella carta delle MOPS l'area di studio ricade nelle microzone suscettibili di amplificazione rappresentata con la sigla 2001 – 2002 – 2003 – 2007 - 2021 – 2022, 2023 e 2027, e nelle zone di attenzione per instabilità ZA_LQ - Zona di attenzione per

Liquefazione - Zona 22 e zona 23 e per quanto riguarda forme di superficie e sepolte: aree con cavità sepolte, doline e sinkhole e orli di scarpata. La microzona che arealmente maggiormente rappresenta il territorio in studio è la 2021, caratterizzata da sabbie limose, miscela di sabbie e limo di origine ignimbratica con spessori da 5 a 30 metri al di sopra del substrato TGN a e/o OVO (Tufo giallo napoletano – Tufiti di Castel dell'Ovo) appartenenti alla formazione del Subsistema di Agnano-Soccavo VEF 11 e al Subsistema di Contrada Romana VEF 12. Come di seguito riportato



Dallo studio di dettaglio effettuato in sede di variante al PUC, come si evince dalla cartografia allegata vengono confermati gli indirizzi generali riportati nello studio a scala comunale. Essendoci indicazioni per una microzonazione di III livello nelle zone di attenzione per instabilità per presenza di cavità o per liquefazione si rimanda ad approfondimenti di dettaglio per confermare ed accertarne la sussistenza, da effettuarsi in fase attuativa o di intervento diretto.

Quanto sopra esposto viene sintetizzato e rappresentato nelle carte tematiche allegate;

9. CONCLUSIONI

Il territorio di Napoli oggetto di variante allo strumento urbanistico vigente si è rivelato, alla presente analisi preliminare, come geologicamente, e sismicamente mediamente complesso, comunque meritevole di attenzione ai fini delle impostazioni programmatiche come quelle associate ad una variante al PUC vigente.

In particolare, dal presente studio geologico preliminare possono essere tratte le seguenti considerazioni:

- La morfologia dell'area relativa al centro storico si caratterizza per buona parte come praticamente pianeggiante e antropizzata, facendo escludere l'ipotesi di eventuali processi gravitativi. La stabilità dei depositi superficiali, scarsamente o per nulla litificati, viene assicurata dalle condizioni giaciturali. I fenomeni di erosione superficiale, a causa delle irrisorie pendenze e della regimentazione efficiente delle acque superficiali di ruscellamento, sono praticamente assenti. Fanno eccezione le aree ad andamento collinare poste a nord e ad ovest che risalgono rispettivamente lungo i fianchi della collina di Capodimonte e la Collina del Vomero e quella di Pizzofalcone. In queste aree locali repentini rotture di pendenza relative a tagli stradali e terrazzamenti predispongono a locali fenomeni di crollo, mentre locali fenomeni di erosione di valloni incisi in materiali piroclastici lungo le morfologie collinari sono presenti nelle porzioni marginali dell'area.
- L'area in oggetto risulta pertanto in parte perimetrata nella cartografia del PAI per quanto riguarda il Rischio Frana (ex AdB della Campania Centrale oggi AdB distrettuale dell'Appennino Meridionale), come rappresentato nelle tavole relative all'area riportate nel testo.
- Le acque di ruscellamento superficiale, non assorbite dai terreni permeabili, vengono confluite nel sistema fognario, che ne garantisce un efficace smaltimento. Fenomeni di erosione e di flussi concentrati come sopra descritto determinano invece relativamente al Rischio Idraulico, un'esposizione a rischio di zone localizzate nella relativa cartografia redatta dalla competente AdB distrettuale dell'Appennino Meridionale come si evince nelle relative tavole rappresentate nel testo. Per queste aree classificate a rischio Frane e Idraulico valgono i vincoli e le prescrizioni d'uso riportate nelle relative Norme di attuazione del PAI.
- dall'analisi dei dati stratigrafici analizzati, il territorio comunale oggetto di studio, presenta per buona parte una sostanziale omogeneità geologica, rappresentata da una successione stratigrafica piroclastica con caratteristiche geomeccaniche mediamente buone; A luoghi l'affioramento del tufo litoide migliorano le caratteristiche geomeccaniche dei terreni superficiali.
- Le caratteristiche stratigrafiche e di uso del suolo e del sottosuolo del territorio oggetto di variante al PUC, rende una porzione significativa dell'area a probabile sussistenza di ipogei realizzati per estrarre in sito la pietra tufacea

da costruzione. Tale circostanza è stata verificata in fase di realizzazione del presente studio così come previsto per legge; dalla cartografia geologica ICMS e dal censimento delle cavità sono state rilevate nel territorio del centro storico di Napoli sia cavità puntuali sia una diffusa rete di ipogei che interessano buona parte dell'area con sviluppo prevalente nelle litologie tufacee.

- Dal punto di vista della Liquefazione dei terreni si ricorda che (cfr. Indirizzi e criteri della Microzonazione Sismica edito da Dip. Protezione Civile Nazionale) le zone sismogenetiche più prossime a quella di studio sono localizzate lungo la fascia appenninica e lungo la direttrice Ischia Campi Flegrei Vesuvio (Cfr. Fig. 7.1). La metodologia utilizzata mostra che dall'analisi delle curve granulometriche si evince che i terreni piroclastici presentano $U_c > 3,5$ e dall'analisi dell'andamento granulometrico risulta al limite o in parte rientranti nel range di possibilità di liquefazione. Ciò nonostante considerando che la falda per buona parte del territorio è ubicata a profondità superiore ai 15 metri, ai sensi della norma vigente in materia (Cfr. OPCM 3274/2003, D.M. 17/01/2018 NTC, Indirizzi e criteri di microzonazione sismica Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento della Protezione Civile 09/2008), le aree suscettibili a fenomeni di liquefazione nel territorio in studio, sono limitate alla zona costiera proximale al porto e al lungomare e quella immediatamente a nord est della stessa ove si realizzano quote altimetriche prossime al livello del mare. Il tutto è sintetizzato nella cartografia delle MOPS che si allega.
- Dal Punto di vista sismico il parametro caratterizzante la risposta sismica locale individuato nella V_{seq} calcolata alla profondità di 30 metri, ha fornito una zona sismica variabile tra la Categoria di Suolo C e quella B in funzione della profondità di rinvenimento della formazione tufacea.

Dallo studio di dettaglio effettuato in sede di variante al PUC, come si evince dalla cartografia allegata, vengono confermati gli indirizzi generali riportati nello studio di microzonazione sismica ICMS 2008 a scala comunale.

Essendoci indicazioni per una microzonazione di III livello nelle zone di attenzione per instabilità per presenza di cavità e per fenomeni di liquefazione si rimanda ad approfondimenti di dettaglio per confermare ed accertare tale sussistenza con metodologie quantitative, da effettuarsi in fase attuativa o di intervento diretto onde approcciare studi di microzonazione sismica di III Livello o procedure di progettazione con RSL.

Pertanto, dallo studio geologico geomorfologico e sismico del sito in oggetto, le previsioni contenute nella proposta di Variante Urbanistica in oggetto sono compatibili con le condizioni geomorfologiche del territorio interessato per le finalità di prevenzione del rischio sismico.

Quanto esposto nella presente relazione è rappresentato nella cartografia allegata, come previsto dalle Norme e Leggi che disciplinano la materia, elencate in premessa.

Tanto è in relazione all'incarico ricevuto per uno studio geologico tecnico dell'area. Il professionista incaricato si rende disponibile per eventuali chiarimenti circa il lavoro svolto.

Teverola, giugno 2026

IL GEOLOGO

DR. GENNARO D'AGOSTINO



GEOLOGO

Gennaro D'AGOSTINO

Studio di
GEOLOGIA APPLICATA & AMBIENTALE

SONDAGGI PREGRESSI

PIANO DI INSEDIAMENTO PRODUTTIVO

Studio idro-geologico morfologico e sismico, aggiornato alle Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018, a supporto della Variante urbanistica finalizzata alla salvaguardia dell'offerta abitativa nel centro storico, mediante la definizione delle condizioni per i cambi di destinazione d'uso nella categoria funzionale "residenziale" di cui all'art. 23Ter del DPR n. 380/2001 ss.mm.ii.

LOCALITA': CENTRO STORICO

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI NAPOLI-

Teverola GIUGNO 2026

Acquisizione ed elaborazione

Dr. Geologo Gennaro D'Agostino

L116

116 - Piazza Bovio - (da Impr. Fondedile)

da m. 0,00 a m. 0,50 = Pavimentazione e sottofondo stradale; da m. 0,50 a m. 2,50 = Materiali di riporto artificiale; da m. 2,50 a m. 11,20 = Materiali alluvionali di deposito subaereo e subacqueo; da m. 11,20 a m. 19,00 = Sedimenti sabbiosi di antico fondale; da m. 19,00 a m. 22,20 = Tufo giallo.

L123

123 - Piazza Municipio, presso il Teatro Mercadante - (da M. Guadagno : v. bibl. 244)

da m. 0,00 a m. 4,90 = Terreno di riporto; da m. 4,90 a m. 11,70 = Sabbia fine; da m. 11,70 a m. 16,80 = Sabbia grossa; da m. 16,80 a m. 27,80 = Sabbia fine; a m. 27,80 = Tufo giallo.

180 - Corso A. Lucci, (Gasometro) - (da M. Guadagno: v. bibl. 244)

da m. 0,00 a m. 2,55 = Terreno vegetale; da m. 2,55 a m. 14,95 = Sabbia marina grossa; da m. 14,95 a m. 17,95 = “ Tasso ” di pozzolana; da m. 17,95 a m. 19,95 — “ Tasso ” simile con lapilli e pomici, e conchiglie; da m. 19,95 a m. 24,95 = Pomici e lapilli agglomerati con carbonato di calcio e conchiglie in frammenti; da m. 24,95 a m. 26,45 = Sabbia agglomerata con frammenti di conchiglie e con carbonato di calcio; da m. 26,45 a m. 28,45 = Sabbia grossa vesuviana con piccole pomici; da m. 28,45 a m. 34,45 = Ciottoli di lava leucofritica; da m. 34,45 a m. 36,45 = Ciottoli simili, ma più grossi; da m. 36,45 a m. 38,45 = “ Tasso ” di cenere vulcanica con lapilli e conchiglie; da m. 38,45 a m. 41,95 = Ciottoli di tufo ricoperti da crosta e ciottoli di lava grigia pure con croste; da m. 41,95 a m. 42,55 = “ Arenaria ” con lapilli, grossi frammenti di tufo e ceneri vulcaniche e tracce di carbonati; da m. 42,55 a m. 59,55 = Tufo giallo; da m. 59,55 a m. 74,55 = Tufo verde e tufo verde più cavernoso; da m. 74,55 a m. 80,55 = Argilla marnosa; da m. 80,55 a m. 84,65 = Cenere vulcanica grigia scura; da m. 84,65 a m. 87,65 = Conglomerato argilloso bruno, sabbioso; da m. 87,65 a m. 103,65 = Ghiaia di lava e lapilli; da m. 103,65 a m. 114,65 = Sabbia; da m. 114,65 a m. 115,65 = Sabbia con piccole pomici; da m. 115,65 a m. 120,65 = Sabbia grigia; da m. 120,65 a m. 121,65 = Tufo giallo con pomici bianche, grosse 1 cm.; da m. 121,65 a m. 127,65 = Ghiaia di pomici e di lava, con abbondanti conchiglie, e con carbonati.

SONDAGGIO S 1

ITALGEO

RF. INT.: 3070000004	DATA ELABORAZIONE: 08/10/1997	DATA INIZIO PERFORAZIONE: 01/10/1997	DATA FINE PERFORAZIONE: 01/10/1997
COMMITTENTE: COMUNE DI NAPOLI		CANTIERE: CORSO VITTORIO EMANUELE N.368	
PERFORAZIONE: S1	QUOTA BOCCAFORD (m s.l.m.):	LUNGHEZZA (m): 15.50	INCLINAZIONE (gradi):
MACCHINA PERFORATRICE:		SCALA GRAFICA: 1:100	
PERFORATORE RESPONSABILE:		TECNICO RESPONSABILE:	
NOTE: CASSETTE CATALOGATRICI N.4 DA 8.20 M A 10.00 M USO DI CORONETTE DAMANTATE SPT=Standard Penetration Test. PT=Penetrometro Tascabile.			

Profondità dal p.c. (m)	Potenza (m)	Simbolo grafico	DESCRIZIONE LITOLOGICA	STRATIGRAFIA		PERCENTUALE DI CAROTAGGIO 50 x	ROCK QUALITY DESIGNATION 50 x	SPT (m) N. colpi PT (m) kg/cm²	DIAMETRO DEL FORO (mm)	METODO DI PERFORAZIONE	METODO DI STABILIZZAZIONE
5.00	6.00		MATERIALI DI RIPORTO DI NATURA POZZOLANICA CON FRAMMENTI DI VARA NATURA								
8.20	2.20		CENERI FINI DI COLORE GRIGIO AVANA CON DIFFUSE POMICI DIAM MAX 0.5 CM.					● 6.80 11-08-06	127	Rotazione con carotiere sem- plice a secco	Tubi di rivestimento
10.00	1.80		ROCCIA VULCANICA MOLTO COMPATTA, DI NATURA BASALTICA CAROTATA IN SPEZZONI L. MAX 40 CM E QUALCHE FRAMMENTO						101	Rotazione con carotiere dop- pio a circola- zione diretta	
15.00	5.50		TUFO VULCANICO A MASSA CINERITICA GROSSOLANA RICCO IN INCLUSI LAVICI DI VARIE DIMENSIONI COLORE GIALLASTRO "TUFFI ANTICHI LITOIDI E SIMILITIDI IN GENERE STRATIFICATI E/O MASSIMI CON INCLUSI LAVICI DI BRECCIE".						101	Rotazione con carotiere sem- plice a secco	

Riferimento: COMUNE DI NAPOLI

Sondaggio: S 3

Località: LARGO TARSIA

Quota:

Impresa esecutrice: ITALGEO COSTRUZIONI s.r.l.

Data: 05/10/98

Coordinate:

Redattore:

Perforazione: ROTAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO

Ø mm	A r/s	Pz metri ben.	LITOLOGIA	prove in fibre	Campioni	Rp	VT	Prel. % 0 — 100	S.P.T.	N apt	RQD % 0 — 100	prof. metri	DESCRIZIONE
													MATERIALI DI RIPORTO CON FRAMMENTI DI MURATURA
		1										1,0	MURATURA DI TUFO CON MALTA. PRESENTI TROVANTE DI PIPERNO NELLA PARTE BASSA.
		2										2,4	MATERIALI DI RIPORTO CON GROSSI FRAMMENTI DI MURATURA DI TUFO CON MALTA PRESENTI SOPRATTUTTO NELLA PARTE INIZIALE.
		3										4,0	PIROCLASTITI (LIMO CON SABBIA) CON PICCOLE POMICI DIFFUSE. COLORE GRIGIASTRO. MATERIALI UMIDI
		4										6,8	LIVELLO DI POMICI E FRAMMENTI LITICI MINUTI IN MATRICE POZZOLANICA GRIGIO SCURA
		5										7,0	PIROCLASTITI (LIMO CON SABBIA) CON POMICI MINUTE DIFFUSE COLORE GRIGIASTRO
		6											
		7											
		8											
		9											
		10											
		11											
		12											
		13											
		14											
		15										15,0	PIROCLASTITI SABBIOSE LIMOSE CON POMII IN GENERE DIFFUSE E/O TALORA IN LIVELLI. COLORE GRIGIASTRO
		16											
		17											
		18											
		19										19,3	TUFO VULCANICO DI COLORE GIALLO A STRUTTURA COMPATTA.
		20										20,8	

SONDAGGIO VERTICALE ESEGUITO NELL'ANDRONE

CASSETTE N°5

Riferimento: RILIEVO DELLE CONDIZIONI STATICHE E CONSERVATIVE CAVITA'

Sondaggio: S 4

Località: ISTITUTO CASANOVA

Quota:

Impresa esecutrice: ITALGEO COSTRUZIONI S.r.l.

Data: GIUGNO 2000

Coordinate:

Redattore:

Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO

Ø mm	R r/s	A r/s	Pz	metri bat.	LITOLOGIA	prova in foro	Campioni	Rp	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.	N ap	RQD % 0 --- 100	prof. metri	DESCRIZIONE
				1											MATERIALI DI RIPORTO ETEROGENEI, DI NATURA POZZOLANICA SABBIOSA CON FRAMMENTI SPARSI A VARIE QUORE TUFACEI E/O LATERIZI (ABBONDANTI TRA I 3,00 E 5,00 M E TRA I 10,50 M E I 13,00 M)
				2											
				3											
				4											
				5											
				6											
				7											
				8											
				9											
				10											
				11											
				12											
				13										13,0	
				14											CENERI MEDIO-FINI (VERSO IL BASSO SABBIOSE) DI COLORE GRIGIO CHIARO CON MINUTE OCCASIONALI POMICI
				15										15,5	
				16										16,0	PALEOSUOLO (CENERI MEDIE CON POMICI) COLORE MARRONE SCURO
				17											TUFO VULCANICO DI COLORE GIALLASTRO A STRUTTURA COMPATTA. CAROTATO IN DISCHETTI E/O FRAMMENTI CON RARI MODESTI SPEZZONI DI CAROTA L MAX 20 CM.
				18											
				19											
				20											
				21											
				22											
				23											
				24											
				25											
				26											
				27											
				28											
				29											
				30										30,0	

STRATIGRAFIA

SCALA 1 : 125 Pagina 1/1

Impegno: COMUNE di NAPOLI Cavità III Lotto	Sondaggio: S 1
Indirizzo: Via S. MARIA A FONSECA n°19	Quota:
Impresa esecutrice: TOMA Abele Perforazioni Srl	Data: 08 Febbraio 2002
Coordinate:	Redattore:
Operazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

Altezza m	Pz. m	metri bati	LITOLOGIA	prova in cavo	Campioni	Rp	VT	Prel. % 0 — 100	S.P.T.	N ogni 0 — 100	RQD % 0 — 100	prof metri	DESCRIZIONE
1													MATERIALI DI RIPORTO DI VARIA NATURA IN GENERE POZZOLANICA.
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11												10,5	TUFO VULCANICO DI COLORE GIALLO
12													
13													
14													
15													
												15,5	

PERFORAZIONE A DISTRUZIONE DI NUCLEO

Stratigrafia del sondaggio S1

50129

RIF. INT. S1-T	DATA ELABORAZIONE: 07.99	DATA INIZIO PERFORAZIONE:	DATA FINE PERFORAZIONE:
COMMITTENTE: TASSO SIT (NA)		CANTIERE: Chiostro di San Lorenzo Maggiore - Napoli	
PERFORAZIONE: S1	QUOTA BOCCA FORO (m s.l.m.):	LUNGHEZZA (m): 21.50	INCLINAZIONE (°): SCALA: 1/100
MACCHINA PERFORATRICE:			
PERFORATORE RESPONSABILE:		TECNICO RESPONSABILE: dr. geol. C. Donadio	
NOTE: S.P.T. = Standard Penetration Test. P.T. = Penetrometro Tascabile Da metri a metri Piezometro Casagrande			

STRATIGRAFIA				CAMPIONI		IDROLOGIA		PERCENTUALE	S.P.T.		PIEZOMETRO		
Profondità dal p.c. (-m)	Potenza (m)	Simbolo grafico	Descrizione litologica	Profondità di prelievo (m)	Campionatore	Tipo di prelievo	Profondità di rinvenimento (m)	Profondità di stabilizzazione (m)	DI CAROTAGGIO			N. colpi	
									50 %				P.T. (m)
6.80	6.80		Materiale di riporto di colore grigio-bruno chiaro costituito da prodotti piroclastici rimaneggiati (sabbie, lapilli, pomice), blocchi tufacei, frammenti di materiale fittile								12-10-7 (2.00)		
												6-2-1 (3.90)	
												6-6-5 (6.00)	
9.00	2.20		Piroclastite sabbiosa-ghiaiosa rimaneggiata di colore grigio-marrone con abbondanti inclusi lapillici e pomicei (Dmax 2 cm) e a luoghi scorie lapidee rossastre e frammenti vetrosi									5-6-4 (8.00)	
12.00	3.00		Piroclastite sabbiosa di colore grigio chiaro con abbondanti inclusi lapillici e pomicei (Dmax 1 cm)									10-10-10 (10.00)	
												12-18-22 (12.00)	
15.80	3.80		Piroclastite sabbiosa debolmente limosa di colore grigio chiaro con abbondanti inclusi lapillici e pomicei (Dmax 0.5 cm)									45 R (14.00)	
18.50	0.70		Strato di alterazione del tufo giallo napoletano (cappellaccio)										
19.00	2.50		Formazione del tufo giallo napoletano										

Sezione
CARLO
Iscr. n.
Albo

LINE DEI GEOLOGI d



STRATIGRAFIA				CAMPIONI		IDROLOGIA		PERCENTUALE		S.P.T.		PIEZOMETRO	
Profondità dal p.c. (-m)	Potenza (m)	Simbolo grafico	Descrizione litologica	Profondità di prelievo (m)	Campione	Tipo di prelievo	Profondità di infilamento (m)	Profondità di stabilizzazione (m)	di CAROTAGGIO		N. colpi		
									50 %				P.T. (mm)
									</				

Riferimento: PROGRAMMA URBANO PARCHEGGI

Località: VIA MASANIELLO

Impresa esecutrice: ITALGEO COSTRUZIONI s.r.l.

Coordinate:

Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO

Sondaggio: C 14

Quota:

Data: 19/04/2000

Redattore: Dr. Capone

Ø mm	R i v	A r s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	prove in foro	Campioni	Rp	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.	N spt	RQD % 0 --- 100	prof. metri	DESCRIZIONE
				1											PRESCAVO PER ACCERTAMENTO SOTTOSERVIZI.
				2										1,5	MATERIALI DI RIPORTO RECENTE CON FRAMMENTI DI LATERIZI E/O DI MURATURA.
				3											
				4										4,1	
				5											SABBIA MEDIO FINE POCO LIMOSA SCURA.
				6											
				7						1-2-1		3		6,0	SABBIA MEDIO FINE CON FRAMMENTI DI LATERIZI (?? ANTICHI) E/O RIPORTO ANTICO (MATERIALI DI BATTIGIA).
				8										8,0	
				9						1-3-5		11			SABBIA FINE LIMOSA SCURA CON OCCASIONALI FRAMMENTI DI POMICI, IN LIVELLI, BIANCHE.
				10											
				11											
				12						3-3-5		8			
				13											
				14											
				15						3-5-6		11			
				16											
				17											
				18						9-11-12		23		18,5	
				19											CENERI FINI ARGILLOSE. VERSO IL BASSO SABBIA CON ARGILLA.
				20											
				21						10-13-13		26		21,0	
				22											CENERI DA LIMOSE A POCO SABBIOSE COLORE GRIGIASTRO CON OCCASIONALI LIVELLI DI SABBIA LIMOSA.
				23											
				24						10-11-14		25		24,0	
				25											CENERI MEDIO-GROSSOLANE CON POMICI E LITICI DIFFUSI. COLORE GRIGIO-VERDASTRO.
				26											
				27						18-10-9		19			
				28											
				29										29,0	
				30						18-24-26		50		30,5	CAPPELLACCIO TUFACEO VERDASTRO PISOLITICO.

Riferimento: RILIEVO DELLE CONDIZIONI STATICHE E CONSERVATIVE CAVITA'

Sondaggio: S 1

Località: VICO LEPRI A PONTE NUOVO 24

Quota:

Impresa esecutrice: ITALGEO COSTRUZIONI S.r.l.

Data: GIUGNO 2000

Coordinate:

Redattore:

Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO

Ø mm	R v	A r	Pz	metri bat.	LITOLOGIA	prova a foro	Campioni	Rp	VT	Prel. % 0 — 100	S.P.T.	N sp	RQD % 0 — 100	prof. mm	DESCRIZIONE
				1											BASOLATO SEGUITO DA MATERIALI DI RIPORTO DI NATURA PIROCLASTICA FINE DI COLORE MARRONCINO.
				2							1-1-1	2	2,0		MATERIALI PIROCLASTICI MEDIO FINI (SABBIE LIMOSE) CON MINUTE POMICI DIFFUSE. COLORE MARRONCINO. MATERIALI ASCIUTTI
				3											
				4							1-1-1	2			
				5											
				6							2-2-3	5			
				7											
				8							0-0-1	1	8,0		MATERIALI COME SOPRA PIU' FINI E SATURI. MOLORE MARRONE SCURO
				9											
101				10											
				11											
				12											
				13									13,1		CENERI MEDIO FINI SABBIOSE A LUOGHI GHIAIOSE. RICCHE IN MINUTE POMICI E QUALCHE FRAMMENTO LITICO. COLORE GRIGIO CHIARO
				14											
				15											
				16											
				17											
				18									18,0		TUFO GIALLO A STRUTTURA MOLTO TENERA. IL RISULTATO DEL CAROTAGGIO E' COSTITUITO DA FRAMMENTI TUFACEI IN MATRICE CINERITICA SABBIOSA DI COLORE GIALLASTRO GRIGIO.
				19											
				20									20,0		

CASSETTE N° 4.

ETTES N°8
A IDRICA A PARTIRE DA -26.00 M

SONDAGGIO: S1

Committente: Com. Napoli (Serv. Dif. Suolo)

Cantiere: Piazza L. Podero

Località: Napoli

Coordinata X (m):

Coordinata Y (m):

Quota assoluta (m slm): 19.00

Periodo: 15 ottobre 2001

Sezione max. (mm): 127

Sezione min. (mm): 86

Profondità max. (m): 30.00

Scala: 1:100

LEGENDA



TECNO IN
SERVIZI DI INGEGNERIA

Quota Assoluta (m slm)	Spessore dello strato (m)	Profondità relativa al p.c. (m)	Litologia	Descrizione Litologica	SPT	Livello della Falda	CPT n°1 Qc(Kg/cm²)			
							50	100	150	200
18.90	0.10	0.10		PAVIMENTAZIONE: Pavimentazione stradale costituita da uno strato di 5 cm di asfalto e da 5 cm di massetto						
18.80	0.30	0.40		RIPORTO: Terreno di riporto costituito da cenere rimaneggiata con inclusi frammenti di laterizi e qualche ciasto poligenico						
				CENERE: Cenere rimaneggiata costituita da matrice a granulometria fine di colore marrone con rari nuclei carboniosi, non umificati, di colore nero. Sono incluse rare pomici rimaneggiate grigiastre e di dimensioni millimetriche, così come i litici, anch'essi rari. Alla profondità di circa 3 m la quantità di pomici e litici aumenta.						
	4.50									
				PALEOSUOLO: Paleosuolo costituito da cenere umificata di colore bruno nerastro a granulometria fine, con incluse pomici e litici di dimensioni millimetriche. (*) Il paleosuolo continua per altri 2 - 3 cm nel campioncino dell'SPT						
14.10	0.10	4.90								
14.00		5.00								
				CENERE: Cenere a granulometria fine debolmente limosa, di colore nocciola, a tratti marrone, a struttura laminare con incluse pomici e litici di dimensioni millimetriche.						
	4.00									
10.00		9.00		CENERE: Cenere a granulometria fine, limosa, di colore marrone, con incluse pomici di dimensioni variabili da pochi mm, fino a circa 1 cm. Esse si presentano vacuolari, porfiriche per biotite e di colore grigiastro. Intorno ai 10.50 m di profondità si rinvia la falda.						
	2.60			CENERE: Cenere a granulometria fine, limosa, con incluse numerosissime pomici e litici di dimensioni variabili da subcentimetriche fino a pluricentriche. Le pomici si presentano vacuolari, porfiriche per biotite e di colore grigiastro.						
7.40	0.40	11.80		ALTERNANZA: Alternanza di piroclastiti rimaneggiate a e limi. Le piroclastiti a granulometria sabbiosa sono costituite prevalentemente da molte scorie millimetriche, e litici arrotondati, sporadici e di dimensioni che raggiungono il cm. A volte sono presenti tracce di ossidazione.						
7.00	0.80	12.00		LIMO: Limo a granulometria fine di colore nocciola con incluse pomici millimetriche.						
6.20	0.30	12.80		PIROCLASTITI RIMANEGGIAE: Piroclastiti rimaneggiate a granulometria sabbiosa, che da 13.10 a 13.20 m si presentano di colore bruno nerastro, ricche in pomici e litici. Il materiale intorno ai 14 m si presenta molto resistente al passaggio del carotiere (vedi SPT n° 5). Da 15 m in poi, diminuisce la frazione più fine, ed aumentano in quantità le pomici ed i litici che raggiungono dimensioni anche centimetriche. Le pomici si presentano scorie, vacuolari e porfiriche per biotite.						
5.90		13.10								
	4.90									
				PIROCLASTITI RIMANEGGIAE: Piroclastiti rimaneggiate a granulometria sabbiosa media, di colore nocciola, con incluse numerosissime pomici, e litici, entrambi di dimensioni subcentimetriche.						
1.00	1.00	18.00		CENERE: Cenere a granulometria fine sabbiosa di colore marrone con incluse pomici e litici di dimensioni subcentimetriche.						
0.00	0.20	19.00		PALEOSUOLO: Paleosuolo costituito da cenere a granulometria fine limosa di colore bruno nerastro, nella parte bassa dello strato la granulometria diventa più sabbiosa e sono inclusi numerosi litici a spigoli vivi.						
-0.20	0.40	19.20								
-0.60		19.60		PIROCLASTITI RIMANEGGIAE: Piroclastiti rimaneggiate a granulometria sabbiosa, di colore marrone scuro con inclusi litici subcentimetrici. In alcuni tratti le piroclastiti si presentano molto consistenti e resistenti al passaggio del carotiere, verso la fine dello strato, circa 23 m, sono inclusi litici di dimensioni centimetriche.						
	4.10									
-4.70		23.70								
				CENERE: Cenere a granulometria fine limosa di colore grigiastro, con incluse pomici, e litici di dimensioni subcentimetriche, a spigoli vivi. La struttura è massiva, e nella parte bassa la granulometria diventa più sabbiosa.						
	6.30									
-11.00		30.00								

Riferimento: COMUNE DI NAPOLI - COMMISSARIO DELEGATO

Sondaggio: S 2

Località: Vico Pallonetto a S. Lucia

Quota:

Impresa esecutrice: ITALGEO COSTRUZIONI s.r.l. - NAPOLI

Data: apr 2002

Coordinate:

Redattore:

Perforazione: A carotaggio continuo

Ø mm	R v	A s	Pz	metri bati	LITOLOGIA	prove in forno	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 — 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 — 100	prof. m	DESCRIZIONE
				1											Riporto di origine antropica con sabbia, frammenti di tufo e blocchi lavici
				2									2.2		Pozzolana sabbiosa brunastra leggermente humificata verso l'alto, con abbondanti pomici sparse (d=1 cm)
				3											
				4									4.2		
				5									5.0		Livello di lapilli pomicei a spigoli vivi (d=1 cm)
				6											Cineriti a grana medio fine di colore grigio chiaro-grigio scuro da sciolta ad a tratti piu' addensata, con fasce piu' propriamente pomicee.
				7											
				8											
				9											
				10											
				11									11.3		
				12									12.0		Pozzolana grigio chiara parzialmente litificata (facies transitoria al tufo giallo)

CASSETTE N° 3

50670


PROFILO STRATIGRAFICO

LOCALITA': Napoli
 COMMITTENTE: sig. Sergio Romano
 SITO: Vico Cavaniglia
 DATA: 18 dicembre 2003
 SONDAGGIO: S1
 INCLINAZIONE: VERTICALE

STRATIGRAFIA SONDAGGIO S1

DESCRIZIONE	GRANULOMETRIA	Simbologia
Materiale di riporto rimaneggiato , di natura antropica derivante dalla demolizione dell'edificio del fabbricato oggetto di studio. Presenti numerosi frammenti di tufo giallo (d max= 6 cm), lateriti, piastrelle ed alcuni lapidei eterometrici. Lo strato finisce con 20 cm di frammenti eterometrici di natura tufacea e lapidea in matrice sabbiosa di colore grigio scuro		0.00
Pozzolana rimaneggiata , colore marrone scuro per i primi 20 cm, poi giallo ocra. Presenti eterometrici frammenti di tufo giallo, a volte di $\phi = \phi$ carotiere (tra 6,40 e 6,70), litici e piccole pomice millimetriche, di dimensione maggiore nello strato più scuro e con spigoli sub-arrotondati e picchettature nerastre di biotite, in matrice sabbiosa debolmente limosa. Tra 4,70 e 4,80 e tra 5,70 e 5,80 presenti due piccoli livelli di colore marrone scuro a granulometria più fine (sabbia limosa) con piccoli inclusi pomicei millimetrici. Tra 5,00 e 5,10 presente un livello pozzolanico di colore verdastro con inclusi lapidei.	Sabbia ghiaiosa debolmente limosa	3.20 6.70
Tufo giallo napoletano , da vacuolare a compatto, contenente pomice alterate e frammenti litici, distribuiti caoticamente nella matrice e/o cemento cineritica, poco fratturato.		15.00

Scala 1:100

50 676

COMMITTENTE :	BUONO Umberto	ALLEGATO F
LOCALITA' :	Napoli - VIA CARLO DE MARCO, 34	
IMPRESA ESECUTRICE :	V	
DATA :	febbraio-05	
		0 LITOSTRATIMETRIA : S1
		QUOTA p. c. : 67 m s.l.m.

Profondità	Spessore	Curvatura	Rivestimento	Litologia	Descrizione litologica	% curvaggio	ripd	livello falda	Campione	S.P.T.	Pocket p.	Penetrate
ml.	ml.	g						ml.			kg/cmq	kg/cmq
0,50												
1,00												
1,50												
2,00												
2,50												
3,00												
3,50												
4,00												
4,50												
5,00												
5,50												
6,00	11,50											
6,50												
7,00												
7,50												
8,00												
8,50												
9,00												
9,50												
10,00												
10,50												
11,00												
11,50	11,50											
12,00												
12,50												
13,00												
13,50	3,10											
14,00												
14,50	14,60											
15,00												
15,50												
16,00												
16,50												
17,00												
17,50												
18,00												
18,50												
19,00												
19,50												
20,00												

GGIO:

S4

nte:

ta X (m):

ta Y (m):

solata (m slm):

max. (mm):

min. (mm):

tà max. (m):

N. Comp. Immobiliare
Indagini geognostiche
via D. Di Gravina 7

2456292.44

4523334.44

83.05

Aprile 2007

127

101

18.20

1:100

LEGENDA

	Suolo attuale		"Minopoli 2"		"Soccavo 1"
	Riporto		"Soccavo 4"		Cappellaccio del TGN
	Muratura		Paleosuolo		Tufo Giallo litoide
	Cinerite rimaneggiata		"Pomici Principali"		

Certificato N° 10597
Data Certificato 10/05/07
Accettazione N° 06800
Sigla Prova 0700007
Pia. 192 Min.
N° 51363
del 06/05/05
Il Tecnico Spediente:
dr. geol. G. V. Vassallo
Il DTEG:
dr. geol. L. Amato
KITECNO IN
SERVIZI DI INGEGNERIA

Spessore dello strato (m)	Prof. relativa al p.c. (m)	Litologia	Descrizione Litologica	Campione indisturbato o rimaneggiato	SPT
0.60	0.60		RIPORTO: Sabbia ghiaiosa di colore grigio-beige con immersi numerosi clasti deca-centimetrici di natura tufacea e resti di laterizi.		
1.40	2.00		CINERITE RIMANEGGIATA: Sabbia medio - fine debolmente limosa di colore marrone scuro bruno, bagnata. Si rinvencono numerosi resti di vegetali, frammenti di pomici di colore nero e clasti pumicei di dimensioni poco superiori al centimetro, alterati, vescicolati e di colore grigio-biancastro. Rari lapilli accezionali.		
1.00	3.00		CINERITE RIMANEGGIATA: Sabbia fine di colore beige - verde mediamente addensata con resti di frustoli vegetali e rari altri inclusi per lo più costituiti da pomici minute.	3.00	8-3-4
1.10	4.10		CINERITE RIMANEGGIATA: Sabbia con ghiaia di colore grigio - beige con numerosa pomici da sub-centimetriche a centimetriche alterate da cristalli di mica e di colore grigio scuro.	3.45	
0.90	5.00		CINERITE RIMANEGGIATA PARZIALMENTE UMIFICATA: Sabbia ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone moderatamente addensata lievemente umida, con pomici eterometriche bianche e fortemente alterate, scorie e minuti litici con una patina di ossidazione superficiale.	5.20	
2.00	7.00		CINERITE RIMANEGGIATA: Sabbia da fine a grossolana debolmente ghiaiosa di colore variabile dal verde al grigio mediamente addensata caratterizzata da sottili livelli centimetrici di lapillo scuro.	5.40/11	5.70
0.70	7.70		LAPILLO: Livello di lapillo e scorie di colore grigio scuro nerastro in scarsa o assente matrice.	5.70	5-4-4
3.30			CINERITE IN DEPOSIZIONE PRIMARIA: Sabbia media con pomici di colore variabile dal beige al verde con inclusi litici e scorie.		6.15
5	11.00		POMICI: Livello di pomici eterometriche in scarsa o assente matrice cineritica. La granulometria sabbioso ghiaiosa grossolana, presenta una colorazione grigio-beige. Le pomici hanno spigoli vivi e colore variabile dal grigio chiaro al rosa, presentano inoltre vescicolazioni allungate secondo l'asse maggiore dei clasti. Sono, inoltre, incluse scorie e litici eterometrici.		10.80
2.20	13.20		CINERITE IN DEPOSIZIONE PRIMARIA: Sabbia medio-grossolana debolmente ghiaiosa di colore variabile dal marrone al beige caratterizzata dalla presenza di numerosi resti di vetro vulcanico immersi nella matrice. Altri inclusi sono costituiti da pomici di colore grigio - biancastro e minute scorie.		10-8-9
35	15.60		CINERITE: Sabbia fine di colore beige - verde mediamente addensata, con rari inclusi e per lo più sub-centimetrici.		11.25
2.40	16.20		CINERITE UMIFICATA: Sabbia limosa di colore marrone scuro poco addensata. Gli inclusi sono per lo più millimetrici e costituiti da pomici a spigoli arrotondati, litici e scorie.		
45	16.40		CINERITE IN DEPOSIZIONE PRIMARIA: Sabbia fine debolmente limosa di colore grigio-beige mediamente addensata con pomici rare e minute di colore grigio chiaro poco vescicolate. Sono incluse anche scorie e litici.		
5.55	17.50		CINERITE UMIFICATA: Sabbia con limo debolmente ghiaiosa di colore marrone addensata e con incluse numerose pomici di colore variabile per lo più sub-centimetriche alterate da cristalli di mica biotite (paleosuolo sepolto).		
5.15	17.90		CAPPELLACCIO DEL T.G.N.: Cinerite cementata a granulometria sabbiosa medio-grossolana, di colore grigio-verde con incluse pomici e scorie eterometriche. Porzione sommitale del Tufo Giallo Napoletano parzialmente alterata comunemente denominata "Cappellaccio".		
4.85	18.20		TUFO GIALLO NAPOLETANO: Facies litoide del tufo giallo napoletano.		

Reg. Commessa: 058bis-07

Note:

Riferimento: COMUNE DI NAPOLI

Località: PIAZZA CAVOUR

Impresa esecutrice: ITALGEO COSTRUZIONI s.r.l.

Coordinate:

Perforazione: ROTAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO

Sondaggio: S 3

Quota:

Data: 07/07/98

Redattore:

N	A	A	P ₂	metri	LITOLOGIA	Campioni	Rp	VT	Pres. %	S.P.T.	N ROD %	prof.	DESCRIZIONE
mm	v	r	sec						0-100		0-100	metri	
				1									MATERIALI DI RIPIRTO RECENTE A GRANA SABBIOSO-LIMOSA.
				2									
				3								3.0	RIPIRTO CON RESTI DI MURATURA DI TUFO CON MALTA
				4									
				5								5.0	PIRÓCLASTITE SABBIOSA RICCA IN POMICI DIAM MAX 2 CM. COLORE GRIGIASTRO
				6								6.0	CENERI FINI A LUOGHI SABBIOSE (DA 6.50 M A 7.50 M) CON QUALCHE PICCOLA POMICE DIFFUSA COLORE GRIGIO CHIARO
				7									
				8									
				9								9.0	POZZOLANA LIMOSA DI COLORE ROSSICCIO
				10								10.0	TUFO VULCANICO DI COLORE GIALLO, A STRUTTURA PISOLITICA FINO A CIRCA 12.00 M E POI CINERITICA COMPATTA, CAROTATO IN DISCHETTI (NEL TRATTO PISOLITICO) E SPEZZONI DI CAROTA L MAX 25 CM.
				11									
				12									
				13									
				14									
				15								15.0	

CASSETTE N. 3

MATERIALI IN GENERE ASCIUTTI

Riferimento: RILIEVO DELLE CONDIZIONI STATICHE E CONSERVATIVE CAVITA'	Sondaggio: S 2
Località: CALATA SAN MATTIA 8	Quota:
Impresa esecutrice: ITALGEO COSTRUZIONI S.r.l.	Data: OTTOBRE 1999
Coordinate:	Redattore:
Perforazione: A DISTRUZIONE DI NUCLEO	

Ø mm	R r/s	A r/s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	prove in foro	Campioni	Rp	VT	Prel. % 0 — 100	S.P.T.	N spt	RQD % 0 — 100	prof. metri	DESCRIZIONE
				1											PRESCAVO PER ACCERTAMENTO SOTTOSERVIZI.
				2										1,5	MATERIALI DI RIPORTO E/O POZZOLANICI
				3											
				4											
				5											
				6											
				7										7,0	MURATURE DI TUFO E TUFO VERSO IL BASSO (A CIRCA 10 MT)
				8											
				9											
				10										10,0	TUFO VULCANICO
				11											
				12											
				13											
				14										14,0	VUOTO (CAVITA') CON MATERIALI DI RIPORTO. L'ATTREZZATURA DI PERFORAZIONE AVANZA CON LA SOLA SPINTA.
				15											
				16											
				17											
				18											
				19											
				20											
				21											
				22											
				23											
				24											
				25											VUOTO (CAVITA') CON MATERIALI DI RIPORTO. L'ATTREZZATURA DI PERFORAZIONE AVANZA CON LA SOLA SPINTA.
				26											
				27											
				28											
				29											
				30										30,0	

PERFORAZIONE INCLINATA DI 22° DALLA VERTICALE

5422

Rifer. : S3

SONDAGGIO GEOGNOSTICO n. S3

RZ-CPL-89

Metodo : A ROTAZIONE
 Località : PIAZZETTA AUGUSTEO
 Comune : COMUNE DI NAPOLI

Quota inizio : ---

scala profondità $\approx$ 1 : 80

prof. (m)	simb.	CAMPIONI N. prof. (m)	NATURA STRATIGRAFICA descrizione	P.P. kg/cm ²	TORVANE kg/cm ²
1.00			MASSICCIATA STRADALE		
2.00			RIPORTO GROSSOLANO CONTENENTE PEZZI DI TUFO GIALLO NAPOLETANO E FRAMMENTI DI LATERIZI (GHIAIA CON SABBIA E LIMO)		
3.00			CINERITE CON POMICI ARROTONDATE ED ADDENSATE COLORE MARRONCINO-VERDASTRO (SABBIA LIMOSA)		
4.00			CAVITA'		
5.00			FRAMMENTI DI TUFO GIALLO NAPOLETANO (SABBIA LIMOSA)		
6.00			(SABBIA DEB. GHIAIOSA CON LIMO)		
12.30			LIVELLO CINERITICO COMPATTO (SABBIA LIMOSA)		
13.60					
32.00			TUFO GIALLO NAPOLETANO ESTRATTO IN CAROTE E DISCHI STRUTTURA VACUOLARE A LUOGHI CON POMICI DISFATTE		

S.1428

ITALGEC

RF. INT.: MN29000005	DATA ELABORAZIONE: 13/10/1993	DATA INIZIO PERFORAZIONE: 11/10/1993	DATA FINE PERFORAZIONE: 12/10/1993
COMMITTENTE: M.N. - METROPOLITANA DI NAPOLI S.p.A. - NAPOLI		CANTIERE: LINEA 1 - MUSEO/DANTE INDAGINI INTEGRATIVE	
PERFORAZIONE: S5	QUOTA BOCCA FORO (m s.l.m.):	LUNGHEZZA (m): 33.00	INCLINAZIONE (gradi):
MACCHINA PERFORATRICE:			
PERFORATORE RESPONSABILE:		TECNICO RESPONSABILE:	
NOTE: SONDAGGIO A DISTRIZIONE DI NUCLEO A SECCO SINO A 20.00 M CASSETTE CATALOGATRICI 4			

STRATIGRAFIA				PERCENTUALE DI CAROTAGGIO 50 x	ROCK QUALITY DESIGNATION 50 x	DIAMETRO DEL FORO (mm)	METODO DI PERFORAZIONE	METODO DI STABILIZZAZIONE
Profondità dal p.c. (m)	Potenza (m)	Simbolo grafico	Descrizione litologica					
5.00			MATERIALI POZZOLANICI CON TRACCE DI RIPORTO NELLA PARTE INIZIALE, PASSANTI A MATERIALI DI NATURA TUFACEA A CIRCA 13.50 M					
10.00								
15.00								
20.00	20.00					40	Trivellazione con spirale a vite senza fine	
25.00			TUFO VULCANICO DI COLORE GIALLO A STRUTTURA COMPATTA CON POMICI FIBROSE E PICCOLI LITICI. CAROTATO IN SPEZZONI CON L MAX 80 CM A LUOGHI IN FRAMMENTI (DA 25 A 26 M) E DISCHETTI (DA 29 A 30 M). PRESENTI SCARPINE A: 25.10, 25.50, 28.00 E 31.30 M					Tubi di rivestimento
30.00								
33.00	33.00		TUFO VULCANICO DI COLORE GIALLO A STRUTTURA COMPATTA CON POMICI FIBROSE E PICCOLI LITICI. CAROTATO IN SPEZZONI CON L MAX 80 CM A LUOGHI IN FRAMMENTI (DA 25 A 26 M) E DISCHETTI (DA 29 A 30 M). PRESENTI SCARPINE A: 25.10, 25.50, 28.00 E 31.30 M					

SONDAGGIO:

Sg14

Committente:

Metropolitane di Napoli S.p.A.

Cantieri:

Indagini geognostiche

Località:

Montecalvario

Coordinata X (m):

0

Coordinata Y (m):

0

Quota assoluta (m slm):

41.80

Periodo:

Maggio 2003

Sezione max. (mm):

127

Sezione min. (mm):

86

Profondità max. (m):

49.70

Scala

1:100

LEGENDA



Facies incrociata del T.G.N.



Facies semilite del T.G.N.



Facies litide del T.G.N.



Prescavo



Muratura



Materiale di riporto



Eruzione flegrea di Minopoli 2



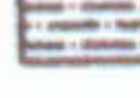
Paleosuolo



Pomici principali



Sabbia



Cinerite rimaneggiata



Cinerite



Deposito alluvionale



Pomici



Vuoto



Pavimentazione

TECNO IN

SERVIZI DI INGEGNERIA

Quota Assoluta (m slm)	Spessore dello strato (m)	Profondità relativa al p.c. (m)	Litologia	Descrizione Litologica	SPT	RQD	Livello della Falda
40.30	1.50	1.50		PRESCAVO:			
38.38	0.10	3.18		RIPORTO: Riporto antropico costituito da abbondante pezzame tufaceo immerso in matrice sabbiosa di colore bruno chiaro.			
37.80	0.80	4.00		CINERITE UMIFICATE: Cinerite umificata di colore nero a granulometria fine (sabbia fine con limo), con incluse pomici.			
	2.00			CINERITE: Cinerite di colore bruno giallastro a granulometria sabbiosa fine ricca in pomici minute.			
35.80	0.80	6.00		CINERITE RIMANEGGIATA: Cinerite di colore bruno verdastro a granulometria sabbiosa fine debolmente limosa. Sono incluse sporadiche pomici minute.			
35.20	1.00	6.60		CINERITE RIMANEGGIATA: Cinerite rimaneggiata costituita da un'alternanza di livelli sabbiosi fini e livelli sabbiosi grossolani per la presenza di minute pomici e litici submillimetrici. Il colore è variabile dal grigio verde al grigio plumbeo.			
34.20	0.20	7.80		CINERITE RIMANEGGIATA: Cinerite rimaneggiata a granulometria fine di colore beige verdastro (sabbia finissima limosa), a tessiture laminata con tracce di ossidazione e rari resti vegetali.			
34.00	0.50	7.80		LAPILLO: Lapillo nero immerso in scarsa matrice cineritica sabbiosa.			
33.50	0.90	8.30		CINERITE (tale deposito rappresenta l'eruzione flegrea di Minopoli 2 - 9500 - 10.300 y .b.p.): Sabbia medio grossolana di colore grigio scuro a tratti alternata a livelli a granulometria fine.			
32.80	1.30	9.20		POMICI: pomici grossolane di colore rosato e litici a spigoli smussati immersi in scarsa matrice sabbiosa.			
31.30	1.30	10.50		CINERITE RIMANEGGIATA: Cinerite rimaneggiata di colore beige a granulometria fine (da sabbia finissima limosa a limo debolmente sabbioso). Lo strato costituisce rare pomici minute.			
30.00	2.20	11.80		POMICI: Pomici grossolane a spigoli smussati e litici da minuti a grossolani immersi in matrice sabbiosa limosa di colore grigio beige.			
27.80	3.40	14.00		CINERITE RIMANEGGIATA: Cinerite rimaneggiata di colore grigio verde a granulometria fine (sabbia fine limosa) alternata a livelli costituiti da pomici grossolane di colore rosato a spigoli arrotondati.			
24.40	4.80	17.40		CINERITE RIMANEGGIATA: Alternanza di livelli cineritici rimaneggiati a granulometria molto variabile da fine a grossolana. Il colore è variabile dal grigio bruno al grigio chiaro. Si alternano livellotti di esposizione, livelli ricchi in pomici e litici e livelli con inclusi frammenti di Tufo Giallo.			
18.80	0.20	22.20		CINERITE RIMANEGGIATA: Cinerite di colore beige a granulometria sabbiosa ricca in pomici grossolane di colore grigio chiaro e subordinatamente scorie grossolane.			
17.70	1.90	24.10		CINERITE UMIFICATE: Cinerite umificata di colore bruno scuro a granulometria sabbiosa debolmente limosa, con incluse sporadiche pomici.			
17.38	0.38	24.48		CINERITE RIMANEGGIATA: Alternanza di livelli cineritici rimaneggiati di colore variabile dal grigio verde al grigio giallastro a granulometria variabile da fine a grossolana. La tessitura è laminata.			
16.40	1.00	25.40		POMICI: Pomici subcentimetriche arrotondate grigie immerse in scarsa matrice sabbiosa.			
16.00	0.40	25.80		CINERITE UMIFICATE: Cinerite umificata di colore bruno rossastro a granulometria fine con incluse rare pomici.			
15.50	0.50	26.30		CINERITE RIMANEGGIATA: Cinerite rimaneggiata di colore beige a granulometria fine, con incluse rare pomici.			
				CINERITE RIMANEGGIATA: Cinerite rimaneggiata a granulometria limosa, poco consistente e plastica di colore beige giallastro.			
				CINERITE UMIFICATE: Cinerite umificata di colore bruno scuro a granulometria fine (sabbia finissima debolmente limosa), con incluse pomici grossolane di colore grigio biancastro.			
8.60	6.90	33.20		POZZOLANA RIMANEGGIATA: Alternanza di livelli di colore grigio verde a granulometria variabile da fine a grossolana. La tessitura va da caotica a laminata. Si intercalano livelli più fini di colore grigio plumbeo e sottili livelli pomici.			
							36.00
							86%
							36.00
							36.00
							96%
							40.50
							20.80
				TUFO GIALLO NAPOLETANO: (Riferibile all'eruzione del Tufo Giallo Napoletano - 12 Ky b.p.): Tufo giallo compatto, talvolta con pochi vuoti per perdita di pomici alterate. Si rinvenivano litici dispersi, pomici anche grossolane di colore grigio ed abbondanti minerali ferici.			97%
							43.50
							23.80
							96%
							46.80
							46.80
							96%
-7.90		49.70					49.80

Note:

Reg. Commessa:

020/03



GEOLOGO

Gennaro D'AGOSTINO

Studio di
GEOLOGIA APPLICATA & AMBIENTALE

INDAGINI SISMICHE H.V.S.R. (Horizontal Vertical Spectral Ratio)

**Studio idro-geologico morfologico e sismico, aggiornato alle Norme
Tecniche per le Costruzioni NTC 2018,
per la redazione della variante urbanistica al PUC finalizzata alla
salvaguardia dell'offerta abitativa nel centro Storico**

LOCALITA': Centor storico di Napoli

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE

Teverola giugno 2026

Acquisizione ed elaborazione

Dr. Geologo Gennaro D'Agostino

INDICE

1. - Presentazione e finalità del progetto

2. - Metodo di acquisizione

3. - Descrizione della strumentazione utilizzata

4. - Metodo di elaborazione ed analisi dei dati sismici

5. – Report indagini effettuate

5.1_HVSR

RELAZIONE TECNICA

1. Presentazione e finalità del progetto

Nell'ambito dell'intervento relativo a variante al PUC relativa al centro storico della Città di Napoli, sono state realizzate in indagini sismiche HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) condotte conformemente ai criteri del progetto SESAME. Le acquisizioni sono state effettuate in corrispondenza dell'area di intervento. Nella relazione tecnica che segue verrà illustrato il metodo di acquisizione, elaborazione ed i risultati ottenuti.

2. Metodo di acquisizione

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso. Le vibrazioni sismiche ambientali (rumore sismico o microtremore) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm (Okada, 2003). L'origine del rumore sismico è dovuto alle perturbazioni atmosferiche sugli oceani che si propagano come onde superficiali sui continenti, mentre le sorgenti dei microtremori sono le attività antropiche e si propagano come onde superficiali di Rayleigh. L'analisi delle misure di rumore sismico che sembra fornire i risultati migliori è proprio quello dei rapporti spettrali H/V noto anche come metodo HVSR. L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellizzazione sintetica dello spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo (per esempio i cambi litologici). I dati che si possono ricavare sono spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno del sismo-strato

individuato. Tramite l'elaborazione di moti superiori e l'analisi dell'andamento delle tre componenti del moto, è possibile distinguere i picchi di origine naturale da quelli generati dai moti superiori o da artefatti, al fine di garantire una corretta interpretazione dello spettro sismico registrato. Le misure puntuali di rumore sismico possono essere utilizzate per la stima sia degli effetti di sito (funzione di amplificazione), sia degli effetti sulle costruzioni ed ottenere una stima della velocità delle onde di taglio Vs 30 per la definizione della categoria sismica dei terreni in ottemperanza alle nuove N.T.C. - D.M.17 gennaio 2018.

3. Descrizione della strumentazione utilizzata

L'apparecchiatura utilizzata per le indagini sismiche si compone di:

- a) n.1. PC portatile ACER per il salvataggio dei dati acquisiti.



- b) n.1 Tromografo digitale SR04 a tre componenti con frequenza dei geofoni di 2 Hz



Il sismografo SR04 è finalizzato alla rilevazione di vibrazioni naturali e artificiali, dal rumore di fondo ai forti terremoti

4. Metodo di elaborazione ed analisi dei dati sismici

Per l'interpretazione dei dati sperimentali relativi alle indagini sismiche HVSR è stato utilizzato il software di elaborazione Seismowin. Il software permette l'analisi dei dati acquisiti fino all'ottenimento della frequenza di risonanza F0 e la verifica di altri fattori quali la permanenza spettrale.

5. Report indagini effettuate

Esamineremo ora nel dettaglio ogni singola indagine HVSR riportando le relative tracce, i parametri ed risultati ottenuti.

5.1. HVSR —:

STATION INFORMATION

Station code: HVSR

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV1 EGIZIACA

Address: VIA EGIZIACA A PIZZOFALCONE NAPOLI

Latitude: 40.834004°

Longitude: 14.247388°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 41.5 m s.l.m.

Weather: SERENO

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2025/06/18 10:12:41

Recording length: 15 min

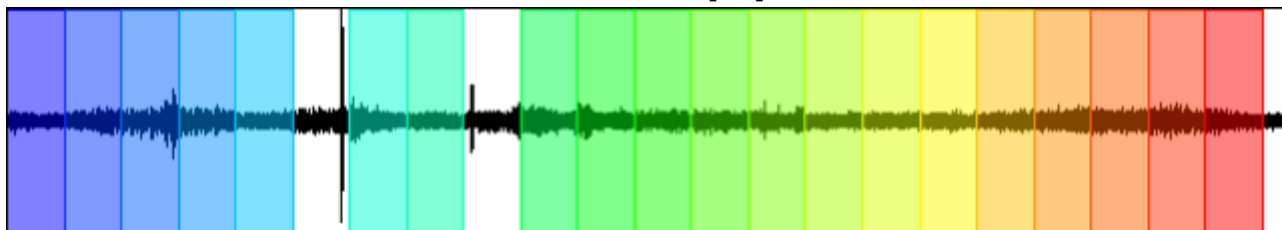
Windows count: 20

Average windows length: 40

Signal coverage: 88.89%

161651 Counts

CHANNEL #1 [UD]



-147850 Counts

66434 Counts

CHANNEL #2 [NS]



-43584 Counts

63608 Counts

CHANNEL #3 [EW]



-67296 Counts

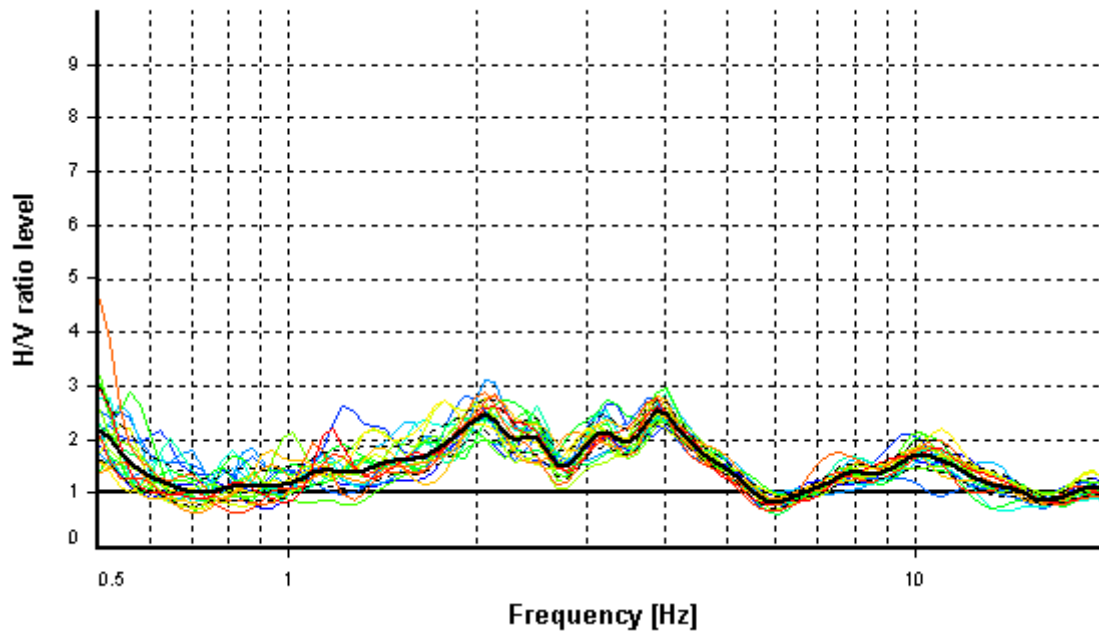
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

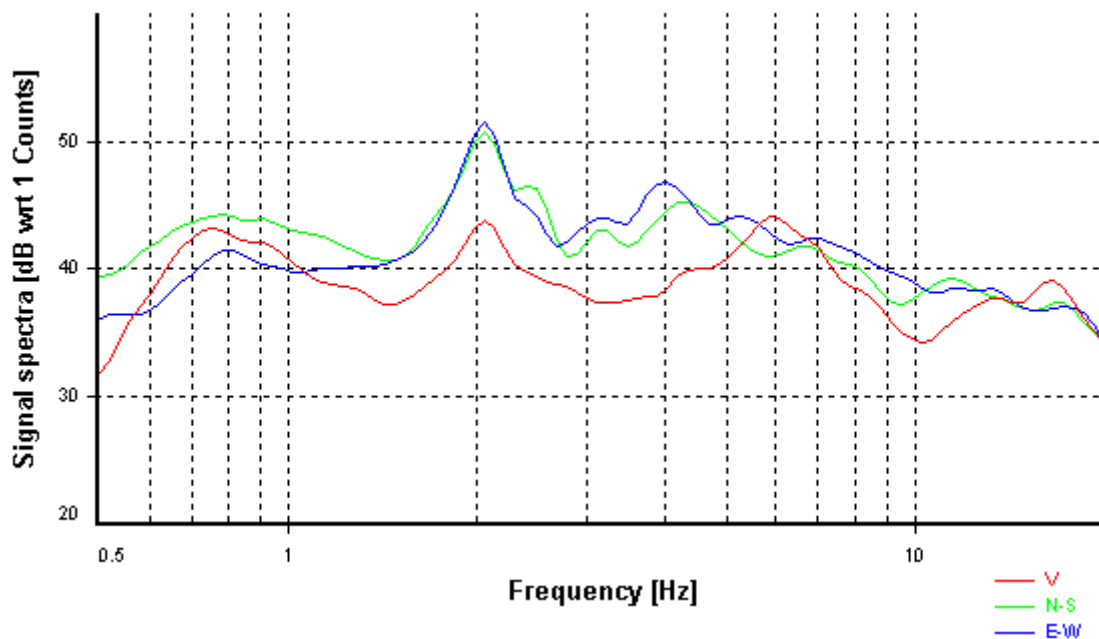
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

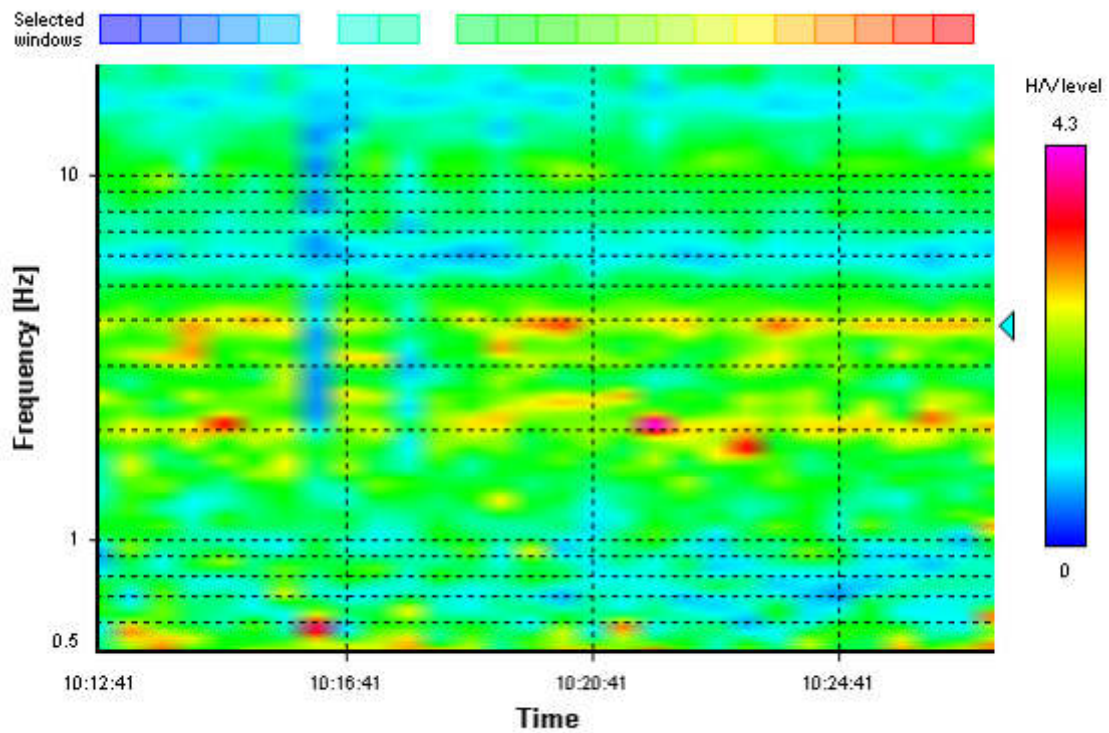
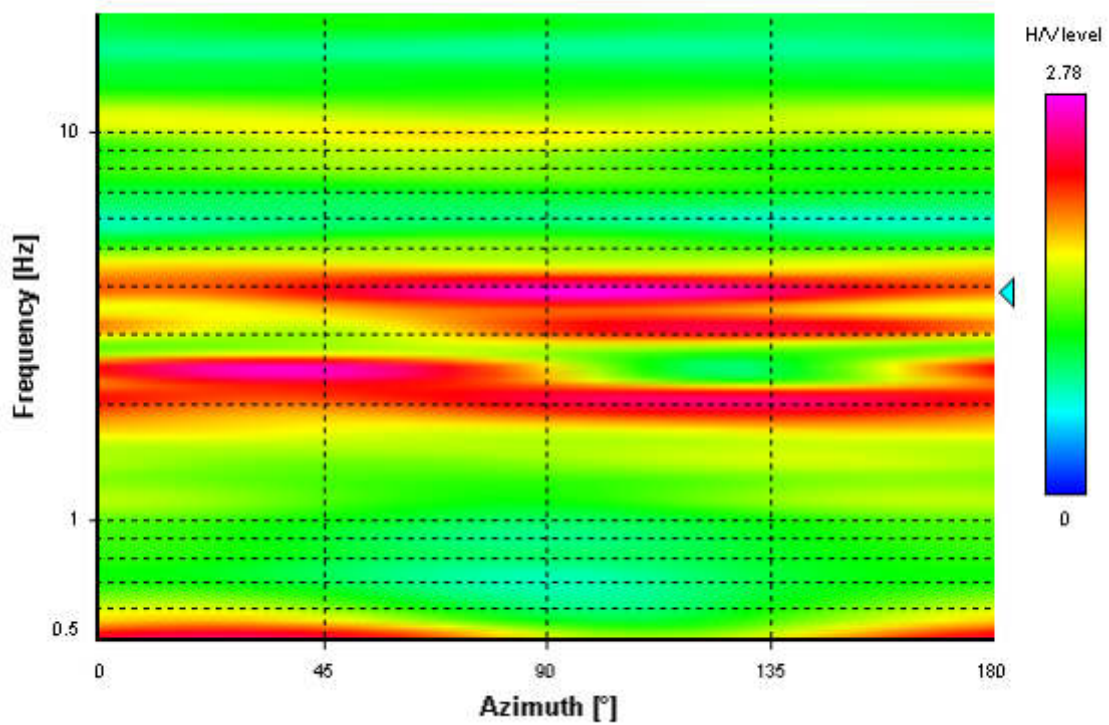
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)**HVSR directional analysis**

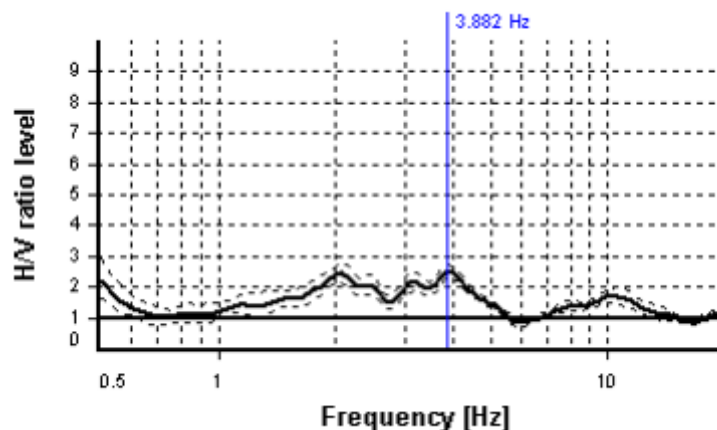
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

3.882 Hz

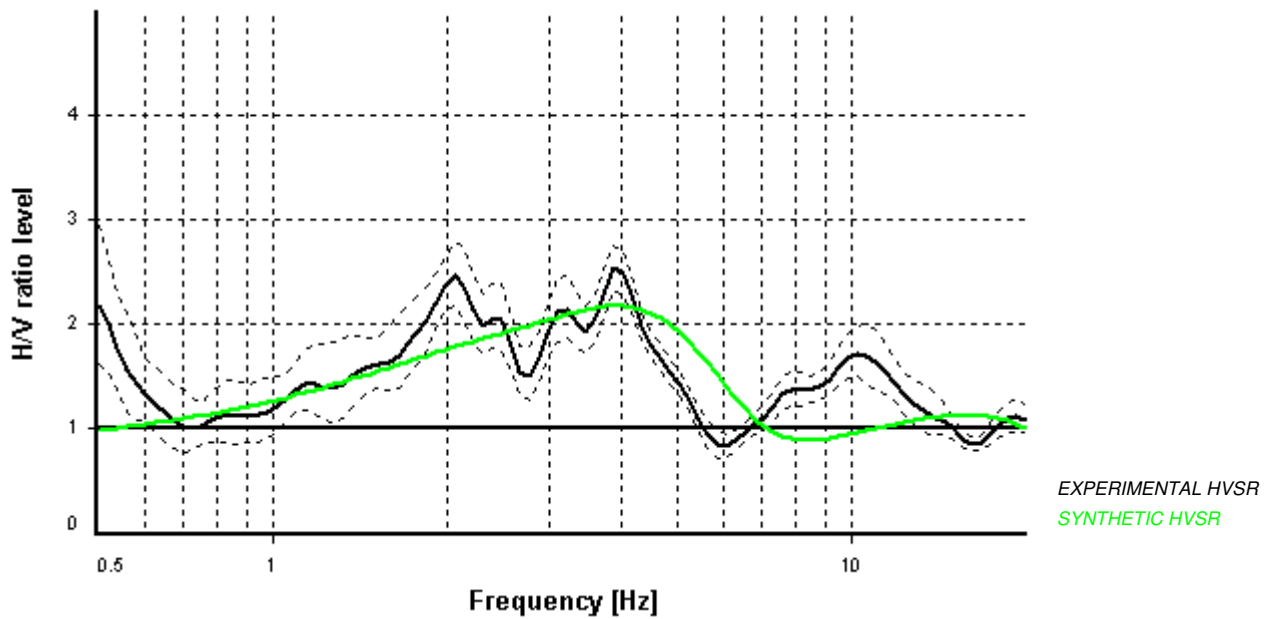
A_0 amplitude = 2.530

Average $f_0 = 3.812 \pm 0.265$

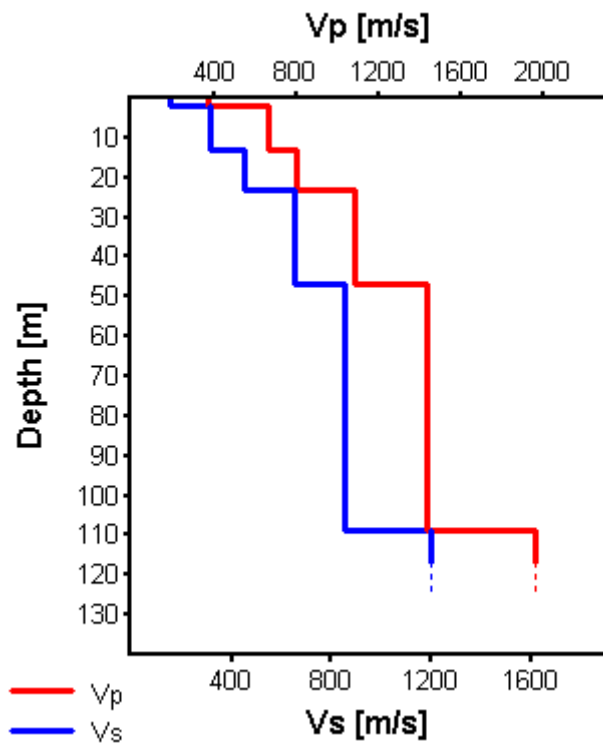


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	20 valid windows (length > 2.58 s) out of 20	OK
$n_c(f_0) > 200$	3105.23 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	1.01493 Hz	OK
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	5.42807 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.53 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.26545 >= 0.19408	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.08759 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
2	2	367	150	1350
11	13	663	310	1400
10	23	802	450	1500
24	47	1085	650	1600
62	109	1435	850	1700
-	> 109	1960	1200	1800



Vs 30 = 367 m/s (Offset = 0 m)

STATION INFORMATION

Station code: HVSR

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV1 EGIZIACA

Address: VIA EGIZIACA A PIZZOFALCONE NAPOLI

Latitude: 40.833617°

Longitude: 14.247154°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 42 m s.l.m.

Weather: SERENO

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2025/06/18 11:19:50

Recording length: 15 min

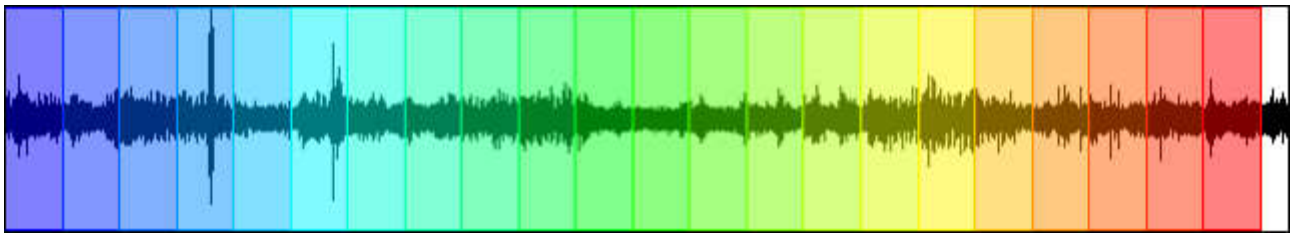
Windows count: 22

Average windows length: 40

Signal coverage: 97.78%

119008 Counts

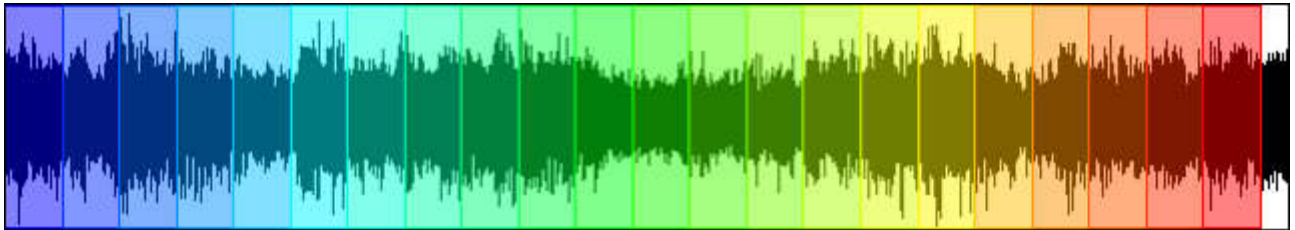
CHANNEL #1 [UD]



-91085 Counts

29859 Counts

CHANNEL #2 [NS]



-32009 Counts

78030 Counts

CHANNEL #3 [EW]



-91996 Counts

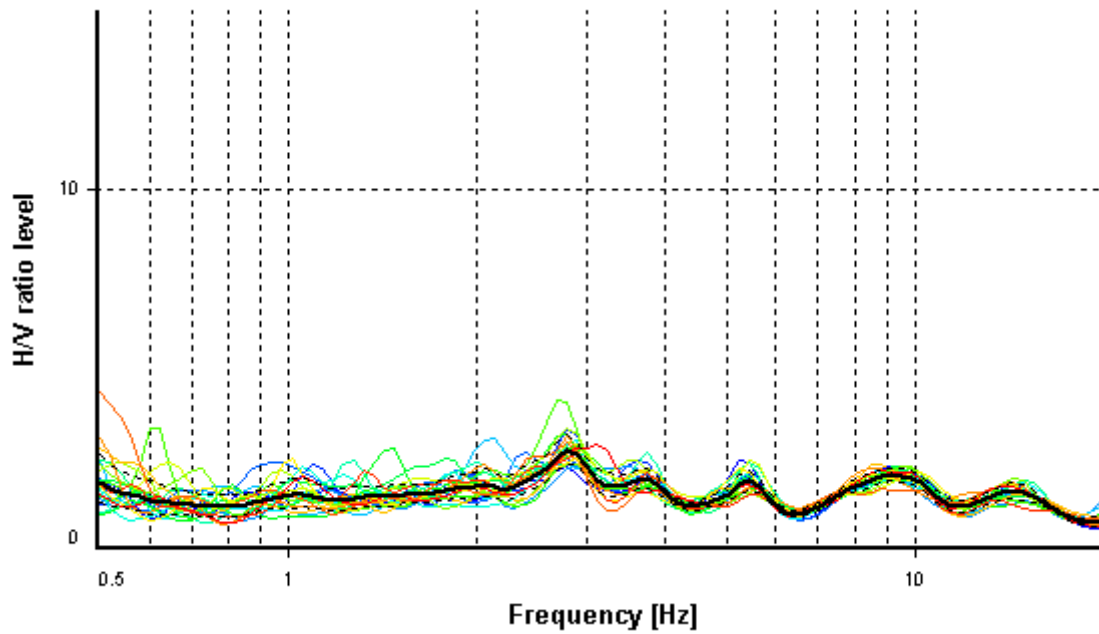
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

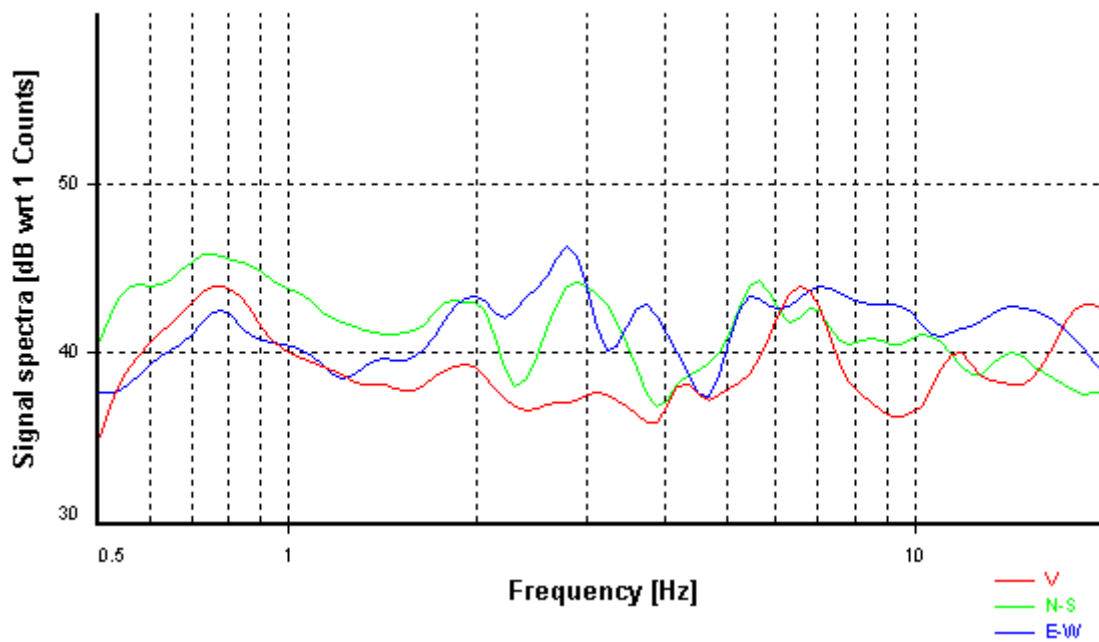
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

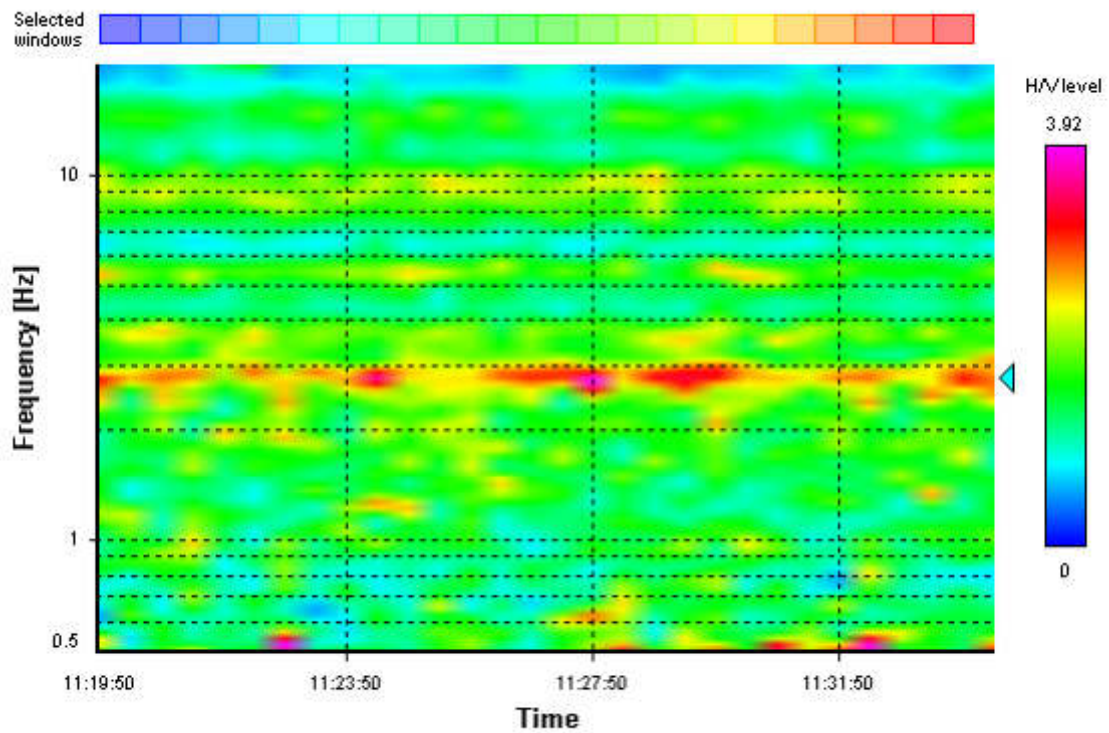
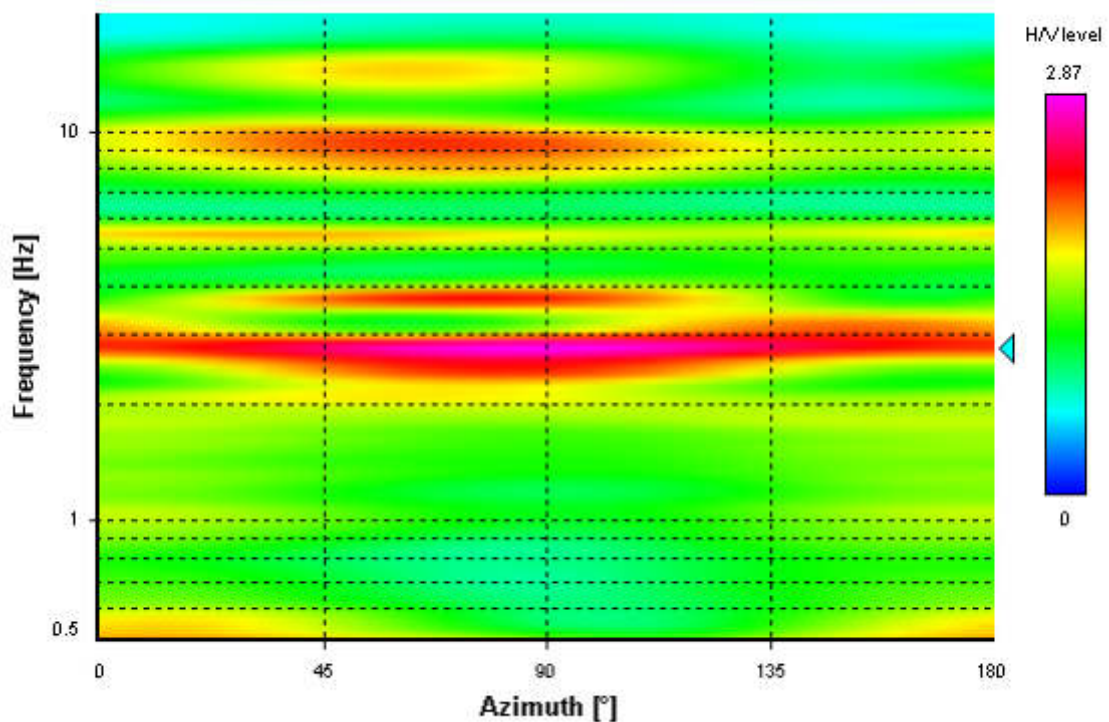
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)**HVSR directional analysis**

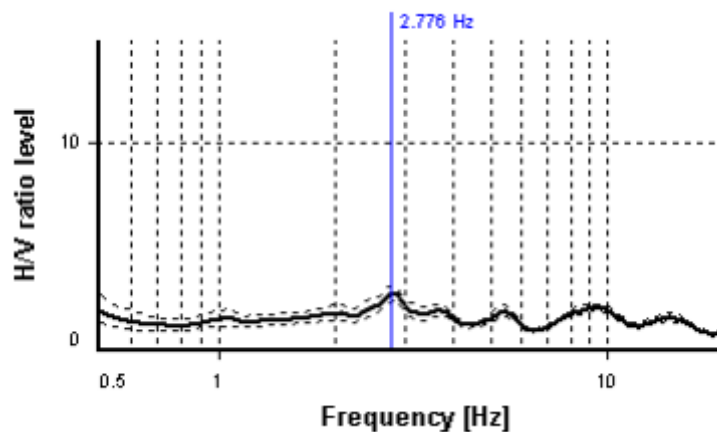
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.776 Hz

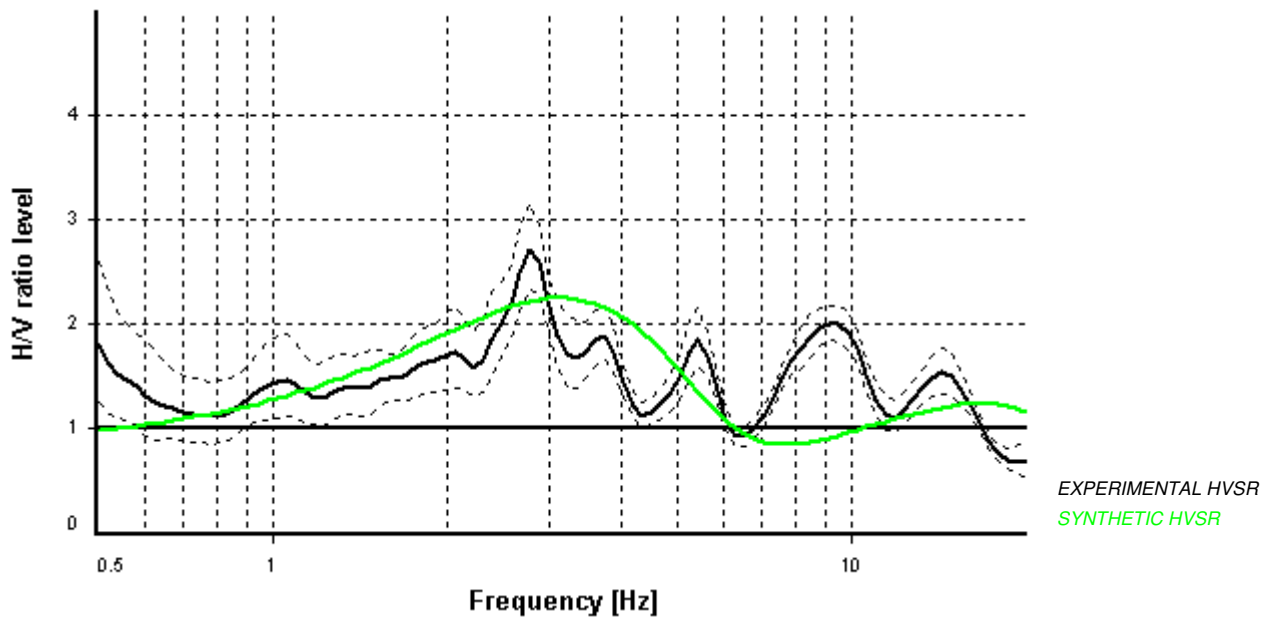
A_0 amplitude = 2.710

Average f_0 = 2.768 ± 0.187

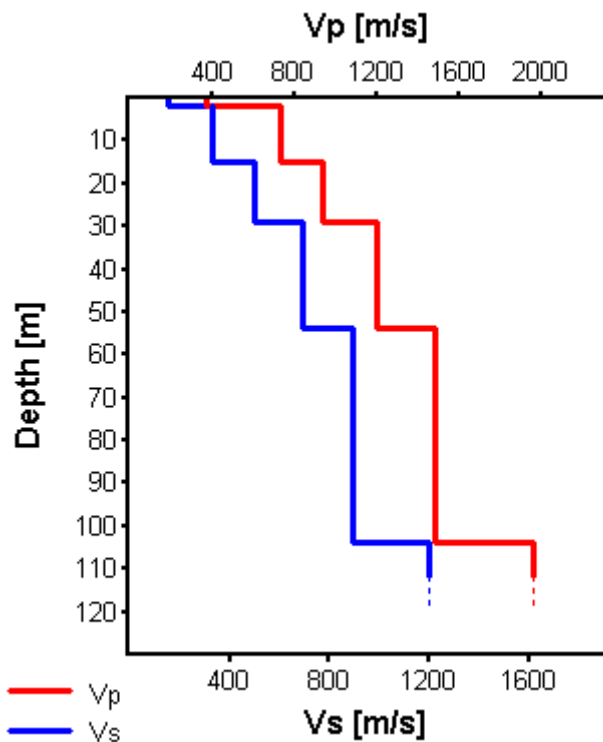


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	22 valid windows (length > 3.6 s) out of 22	OK
$n_c(f_0) > 200$	2442.55 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	1.2692 Hz	OK
$\exists f^* \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	4.18185 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.71 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.18738 >= 0.13878	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.16318 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
2	2	367	150	1350
13	15	727	330	1400
14	29	935	500	1500
25	54	1195	690	1600
50	104	1485	890	1700
-	> 104	1960	1200	1800



Vs 30 = 365 m/s (Offset = 0 m)

STATION INFORMATION

Station code: HVSR

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV1 EGIZIACA

Address: VIA EGIZIACA A PIZZOFALCONE NAPOLI

Latitude: 40.833783°

Longitude: 14.246941°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 41.0 m s.l.m.

Weather: SERENO

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2025/06/18 12:19:50

Recording length: 15 min

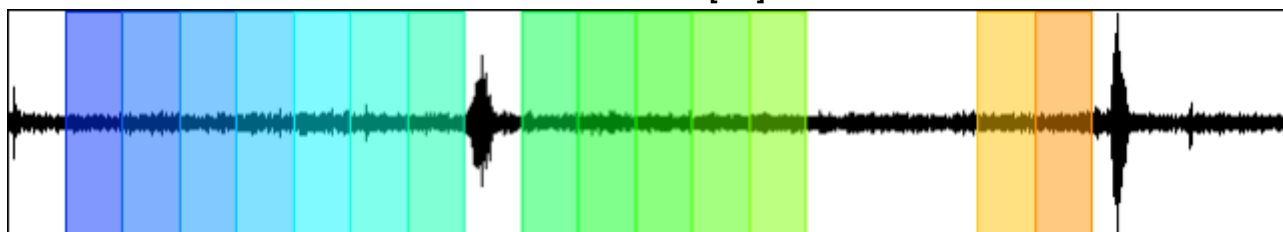
Windows count: 14

Average windows length: 40

Signal coverage: 62.22%

449686 Counts

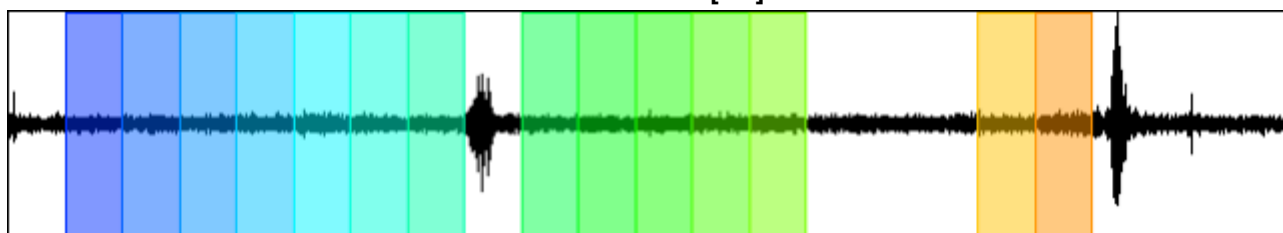
CHANNEL #1 [UD]



-459414 Counts

460613 Counts

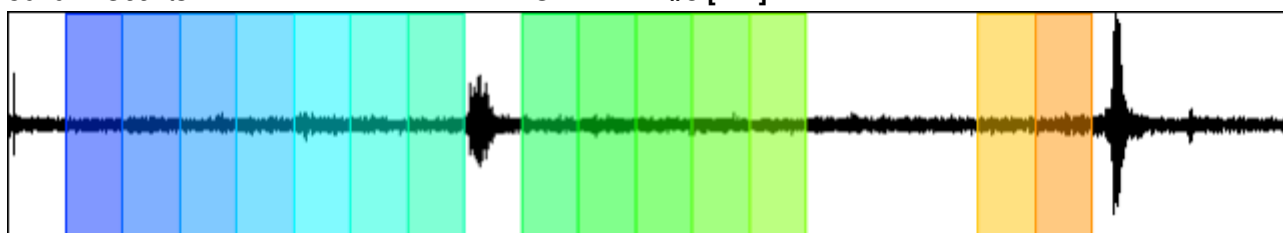
CHANNEL #2 [NS]



-336447 Counts

507042 Counts

CHANNEL #3 [EW]



-403165 Counts

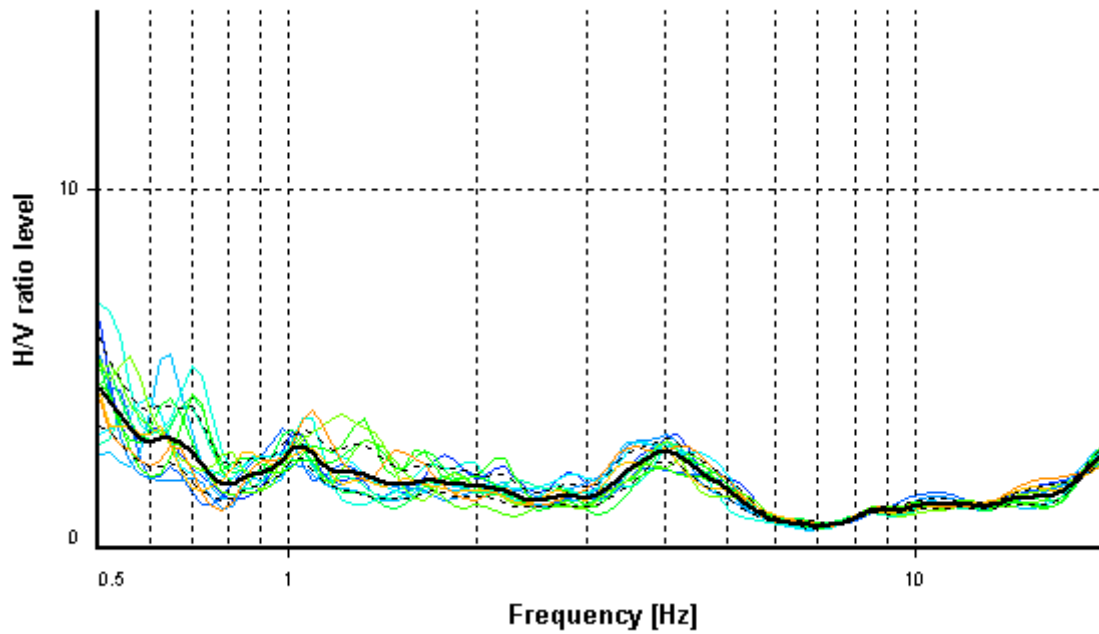
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

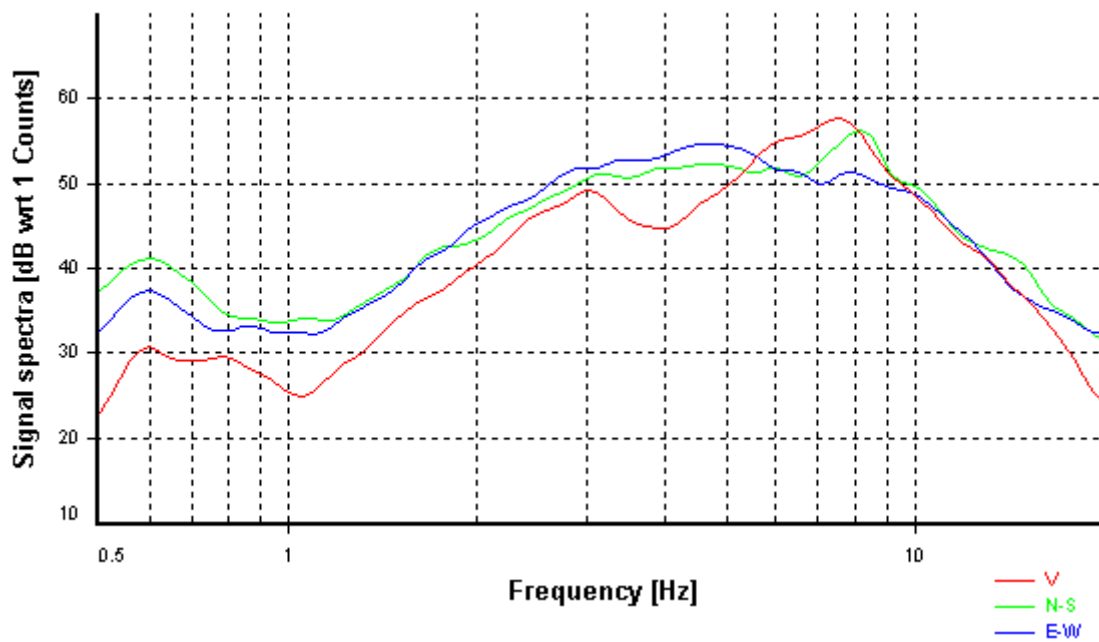
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

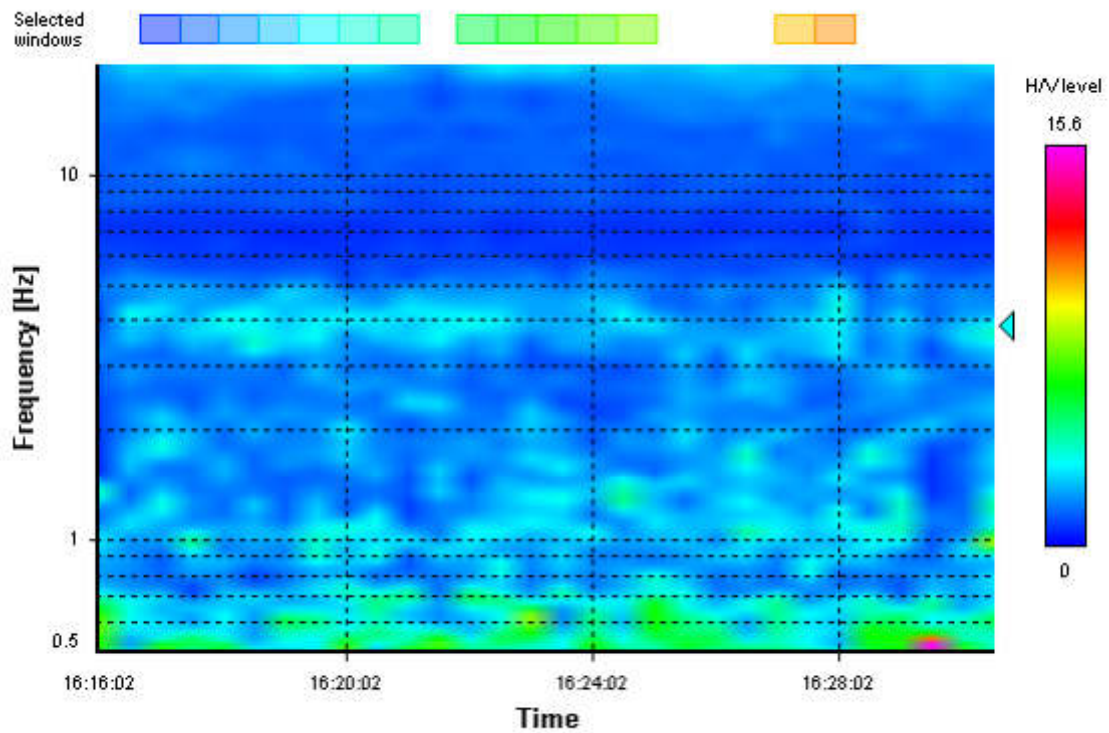
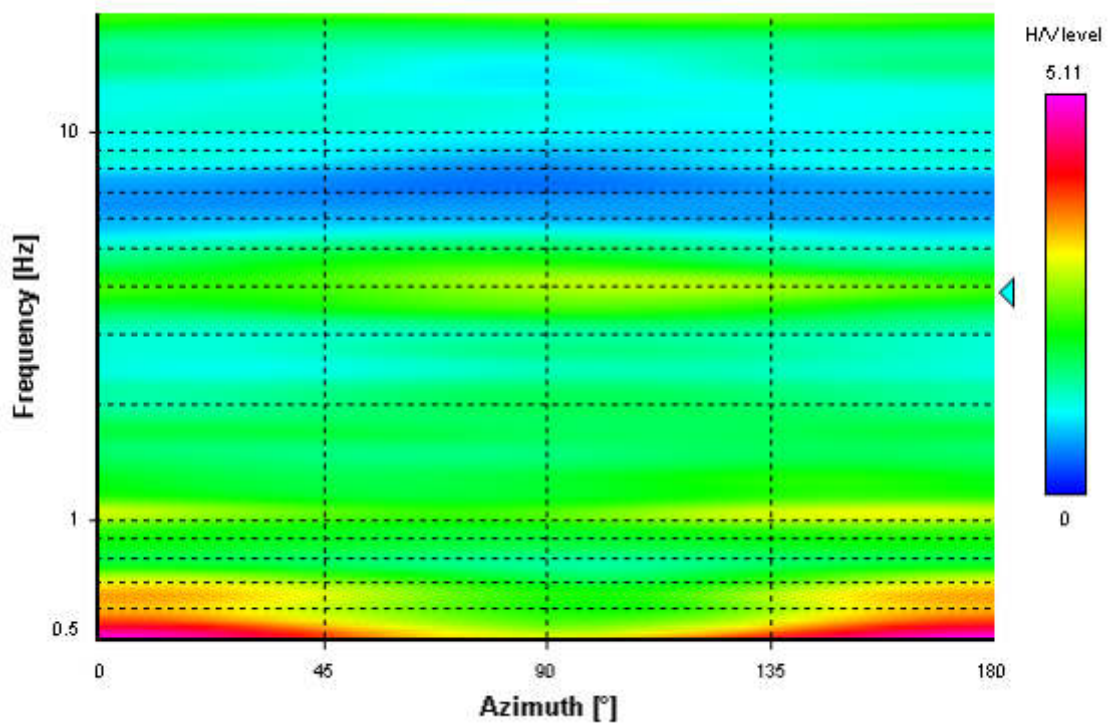
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)**HVSR directional analysis**

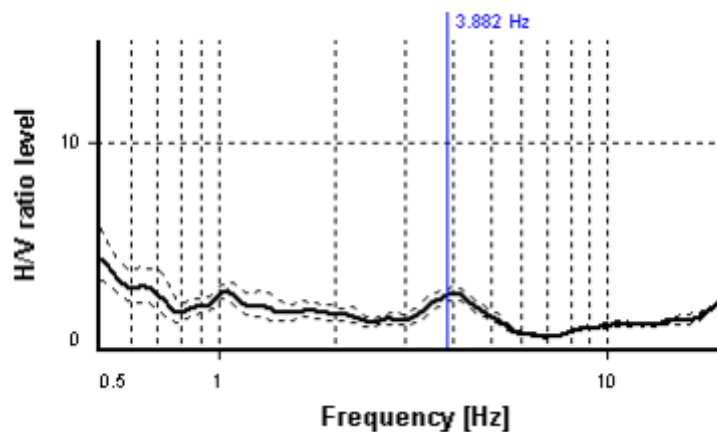
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

3.882 Hz

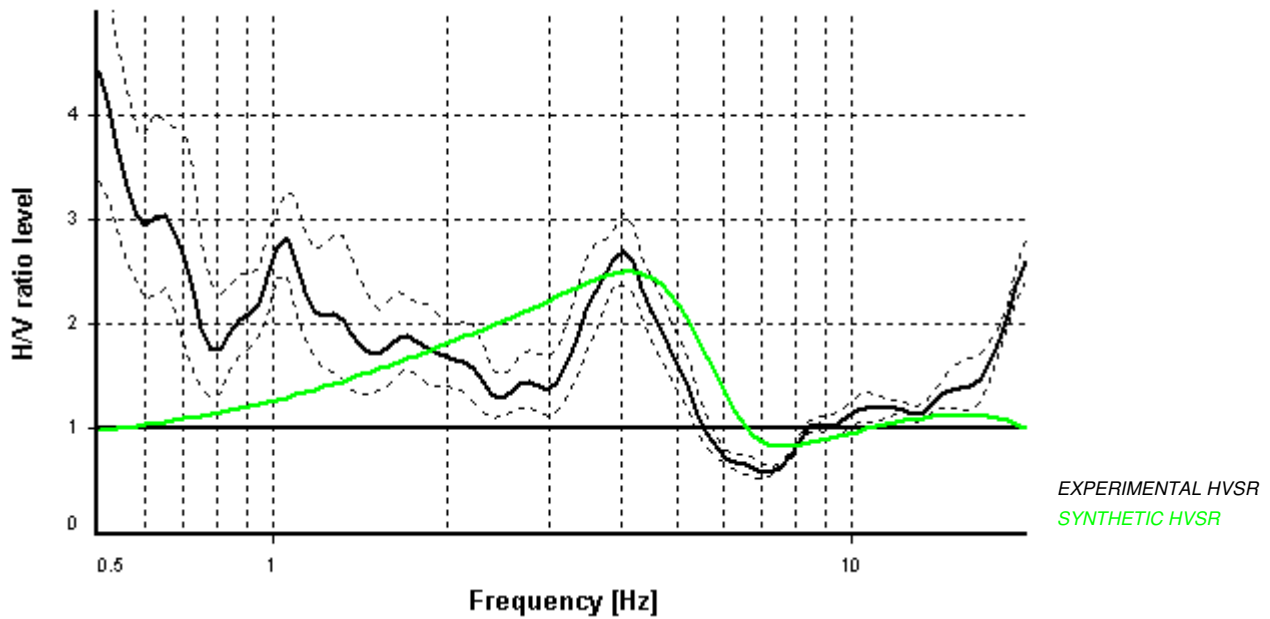
A_0 amplitude = 2.618

Average f_0 = 3.992 ± 0.227

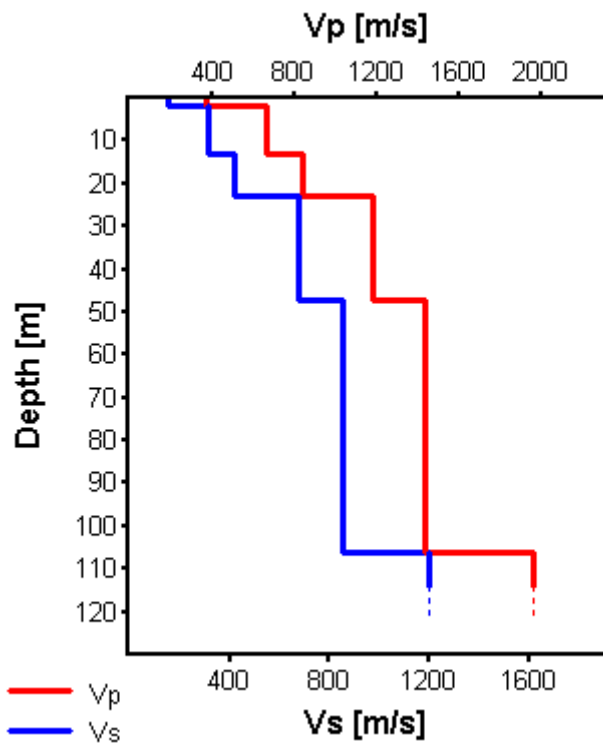


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	14 valid windows (length > 2.58 s) out of 14	OK
$n_c(f_0) > 200$	2173.66 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	2.48207 Hz	OK
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	5.42807 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.62 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.8% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.2266 >= 0.19408	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.11121 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
2	2	367	150	1350
11	13	663	310	1400
10	23	834	420	1500
24	47	1178	680	1600
59	106	1435	850	1700
-	> 106	1960	1200	1800



Vs 30 = 362 m/s (Offset = 0 m)

STATION INFORMATION

Station code: HVSR

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV1 GALLERIA PRINCIPE

Address: P.ZZA MUSEO NAZIONALE NAPOLI

Latitude: 40.852869°

Longitude: 14.249861°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 50 m s.l.m.

Weather: SERENO

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2025/08/27 07:01:03

Recording length: 20 min

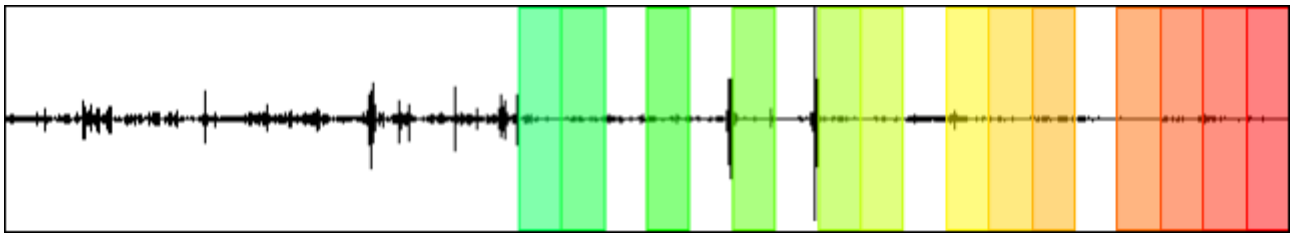
Windows count: 13

Average windows length: 40

Signal coverage: 43.33%

199218 Counts

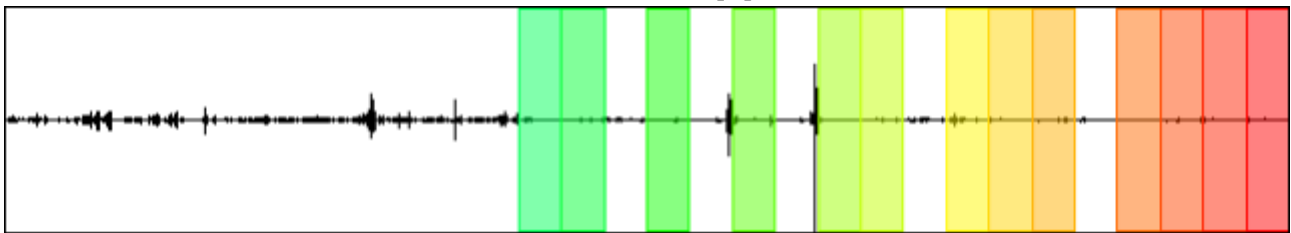
CHANNEL #1 [V]



-180010 Counts

383917 Counts

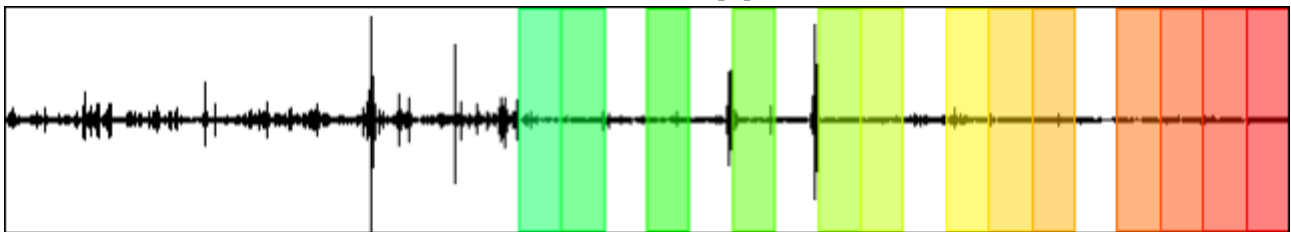
CHANNEL #2 [N]



-758820 Counts

189133 Counts

CHANNEL #3 [E]



-202148 Counts

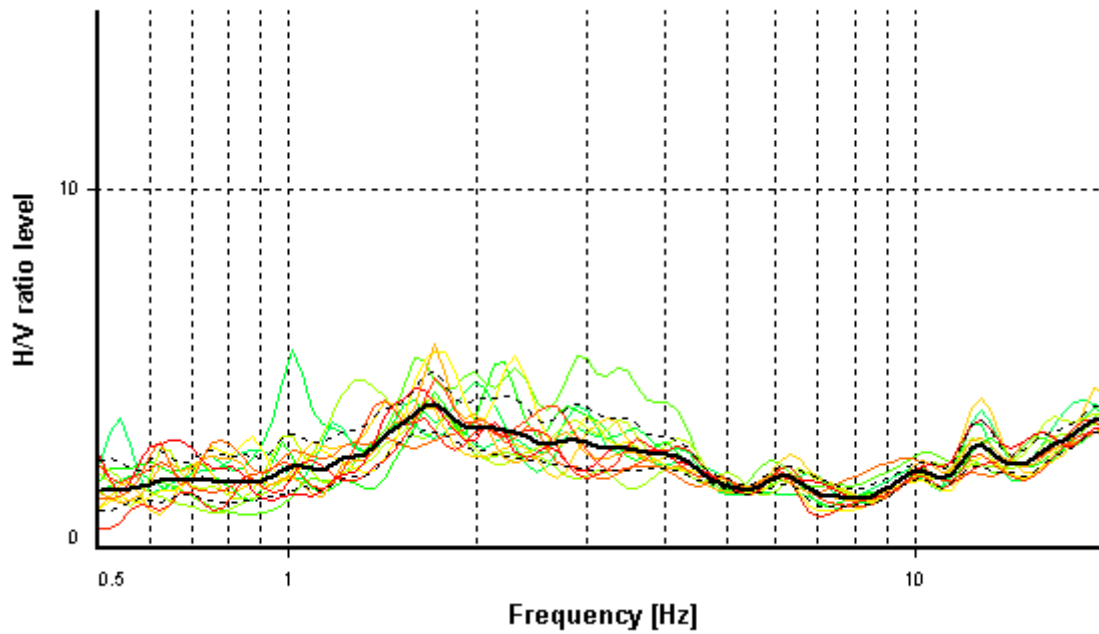
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

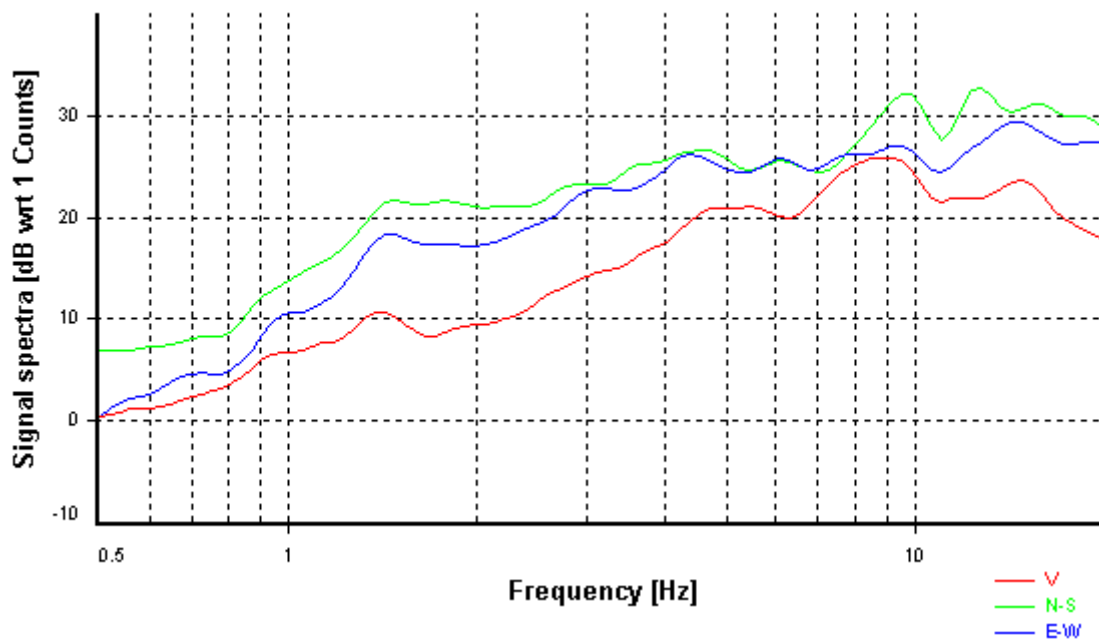
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

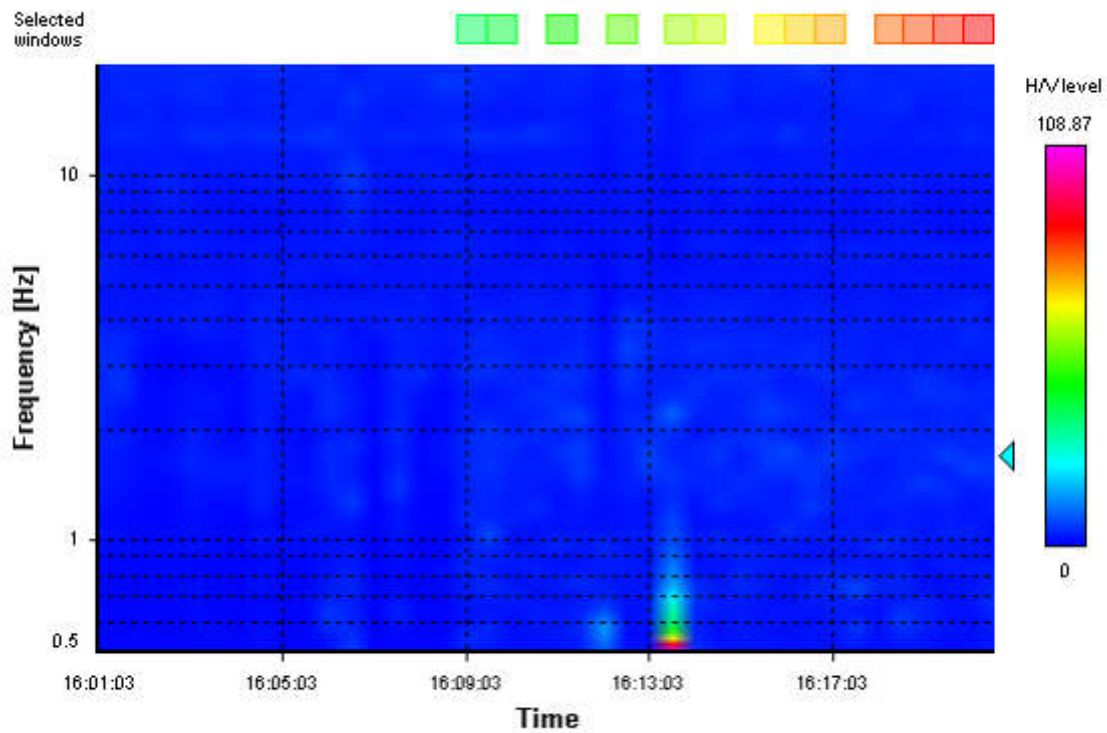
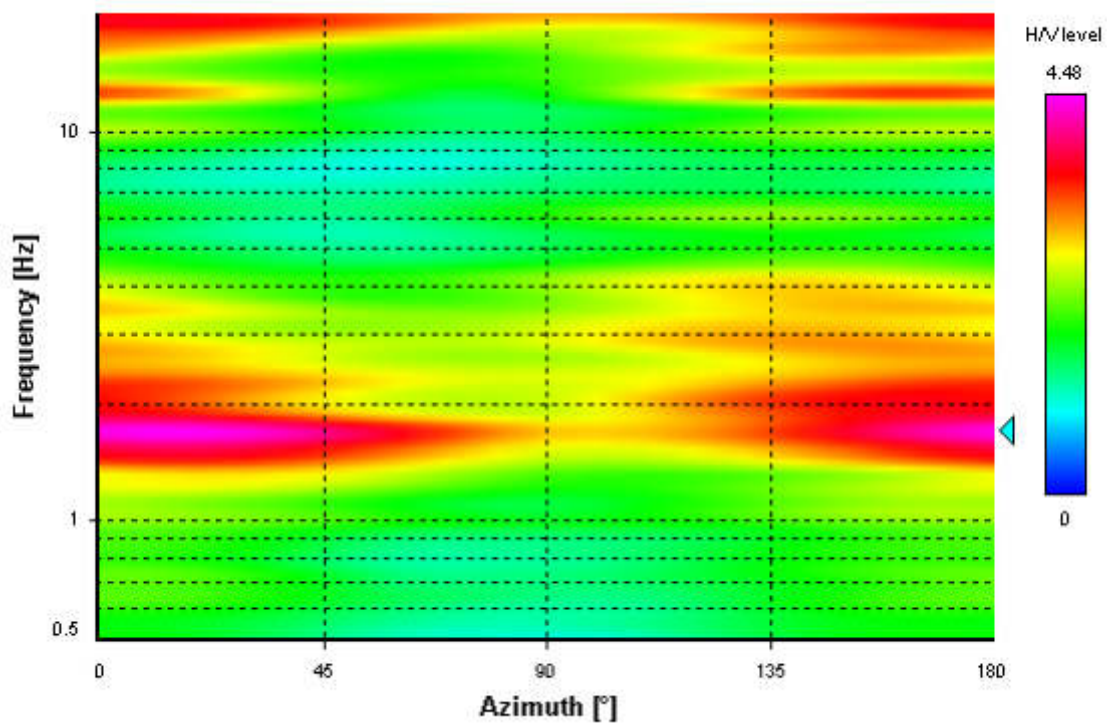
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)**HVSR directional analysis**

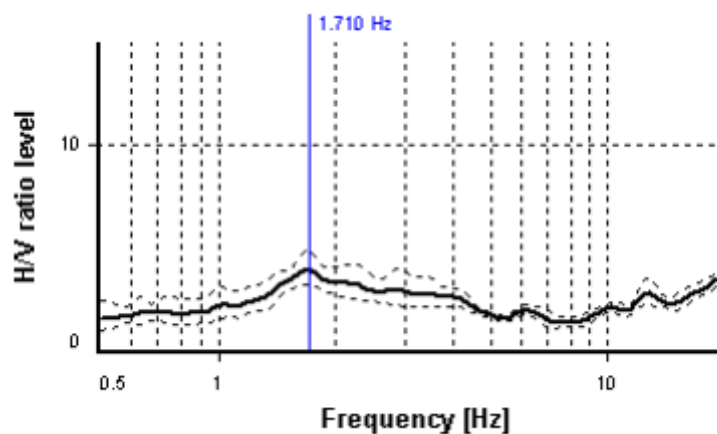
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

1.710 Hz

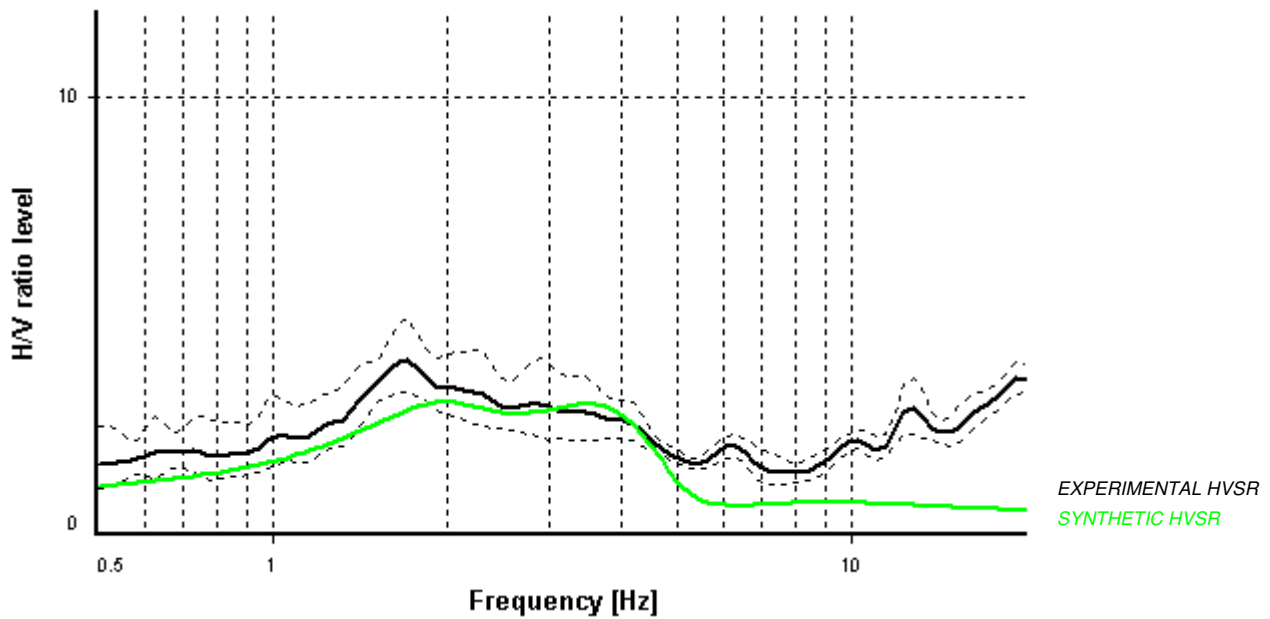
A_0 amplitude = 3.980

Average $f_0 = 1.681 \pm 0.295$

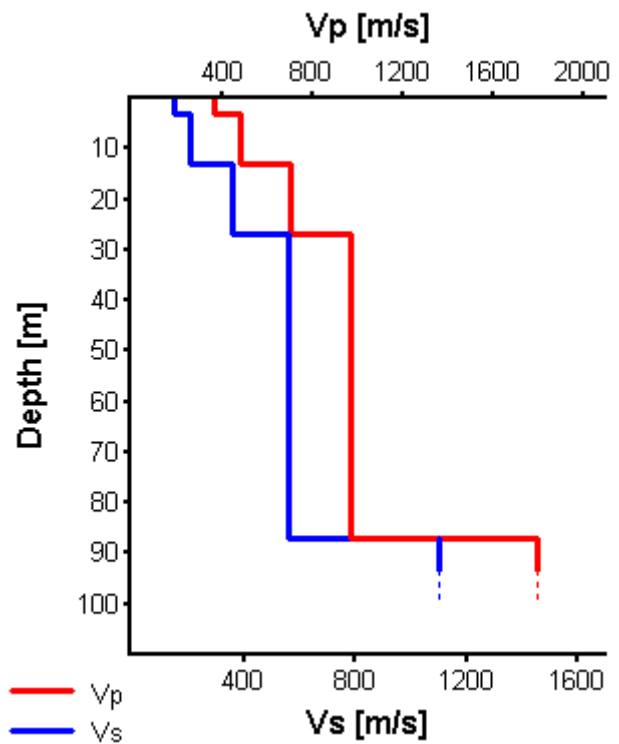


HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	13 valid windows (length > 5.85 s) out of 13	OK
$n_c(f_0) > 200$	889.19 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.94204 Hz	OK
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	4.67644 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.98 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.66% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.29541 >= 0.171	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.23678 < 1.78	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
3	3	367	150	1400
10	13	477	210	1500
14	27	700	360	1600
60	87	970	560	1700
-	> 87	1796	1100	1900



Vs 30 = 268 m/s (Offset = 0 m)

STATION INFORMATION

Station code: HVSR

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV2 GALLERIA PRINCIPE

Address: VIA SANTA MARIA A COSTANTINOPOLI NAPOLI

Latitude: 40.852894°

Longitude: 14.251546°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 49 m s.l.m.

Weather: SERENO

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2025/08/27 07:30:25

Recording length: 20 min

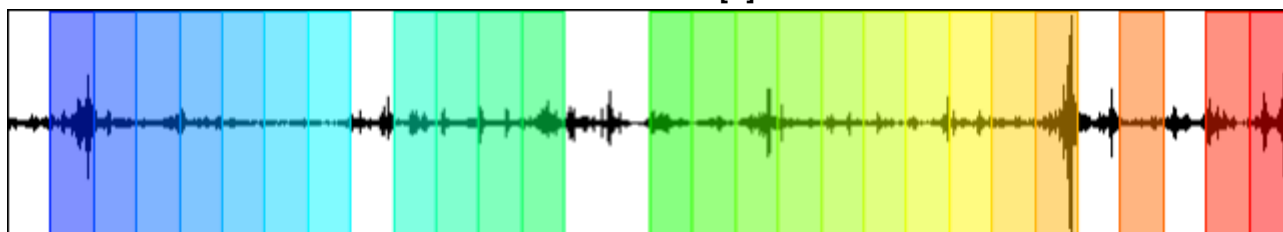
Windows count: 24

Average windows length: 40

Signal coverage: 80%

526372 Counts

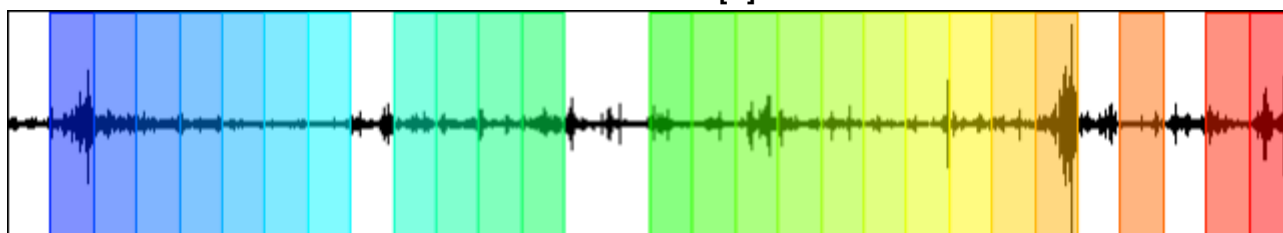
CHANNEL #1 [V]



-545158 Counts

525025 Counts

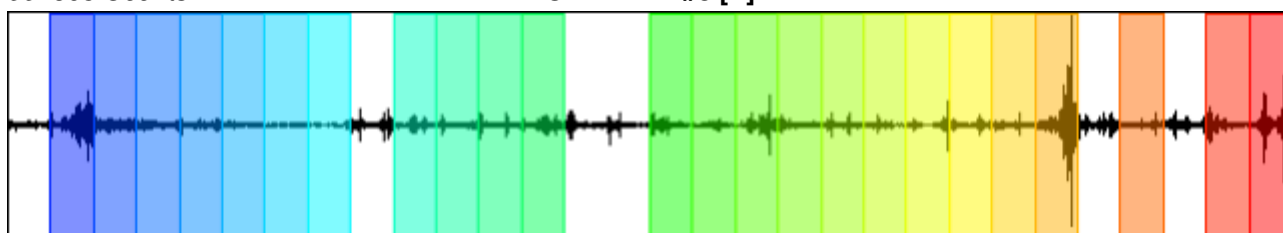
CHANNEL #2 [N]



-585741 Counts

994865 Counts

CHANNEL #3 [E]



-905873 Counts

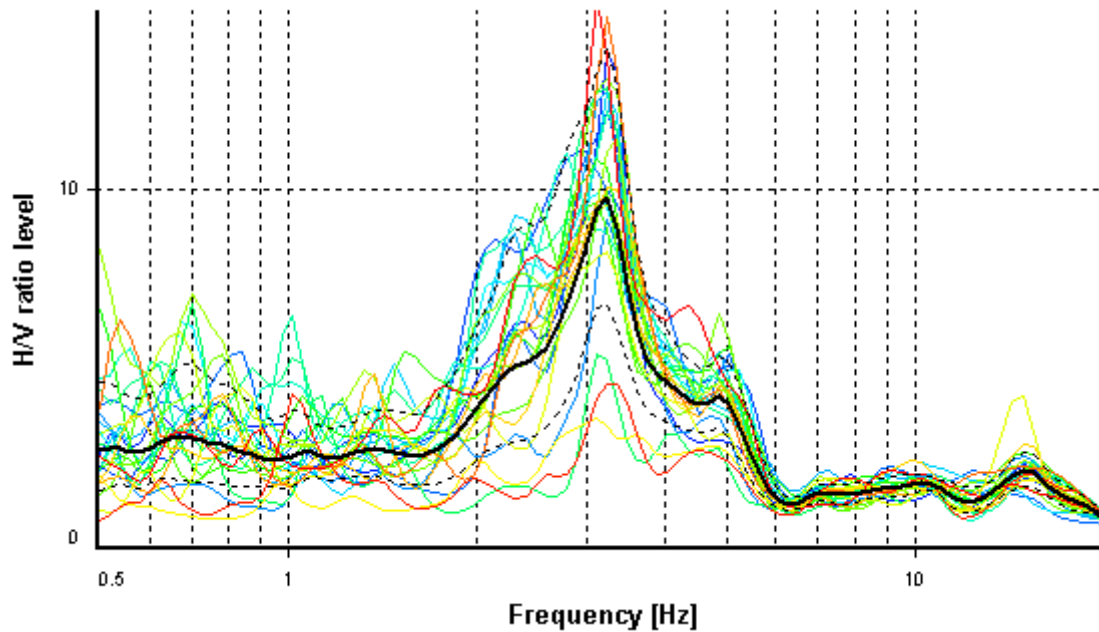
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

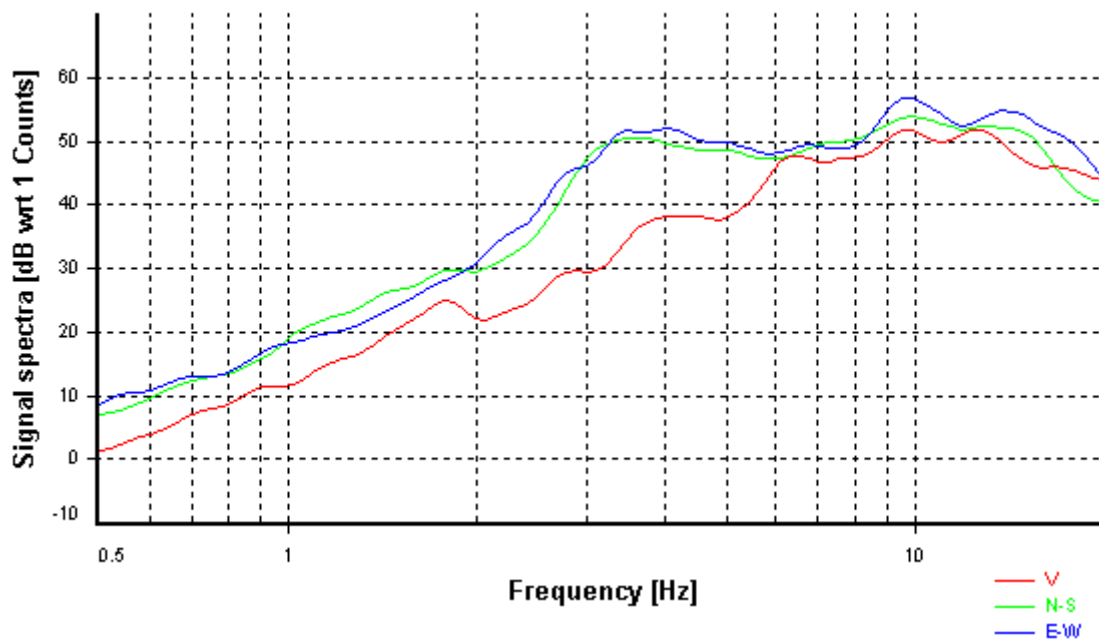
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

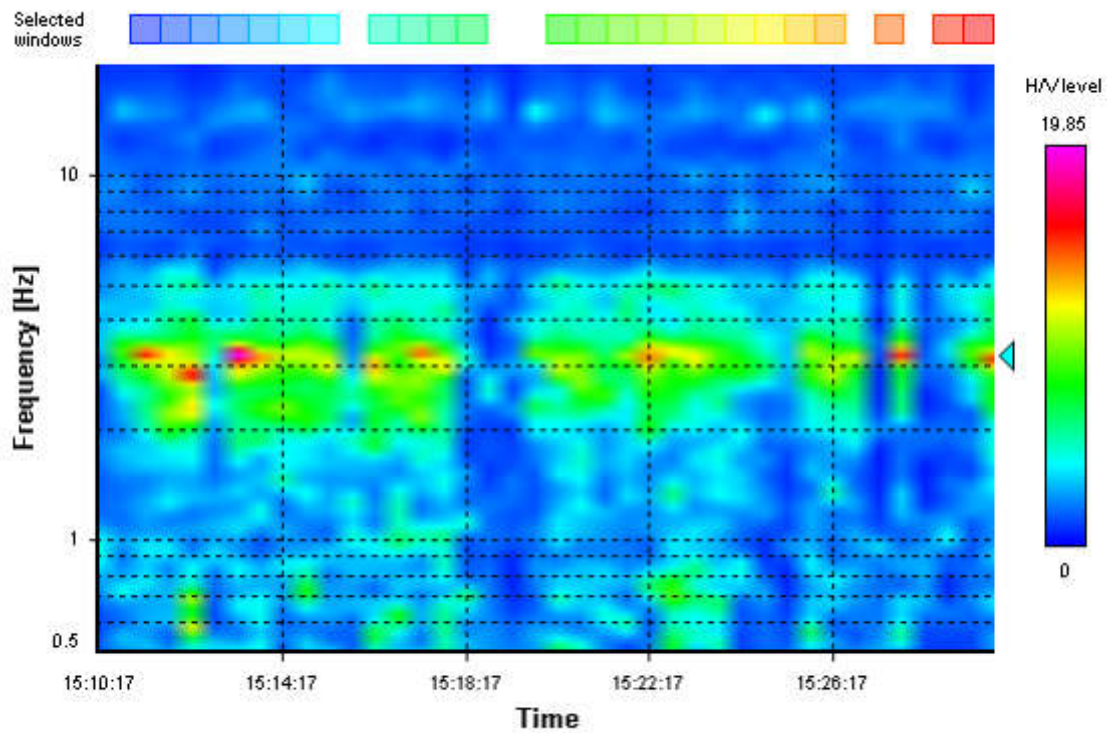
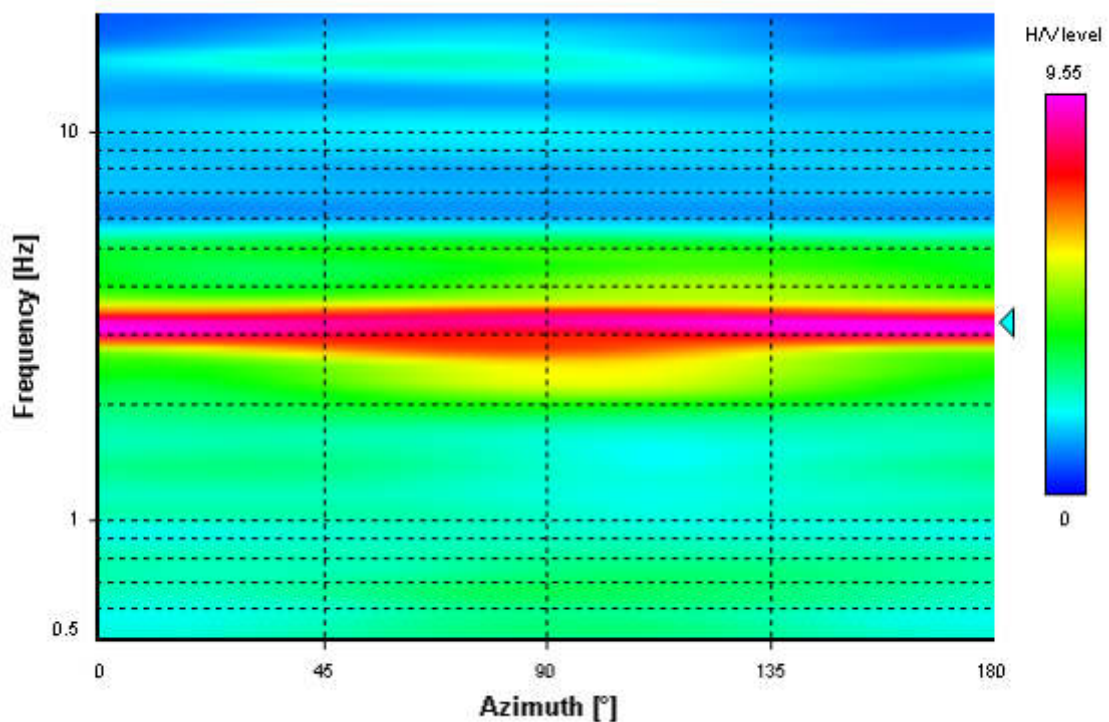
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)**HVSR directional analysis**

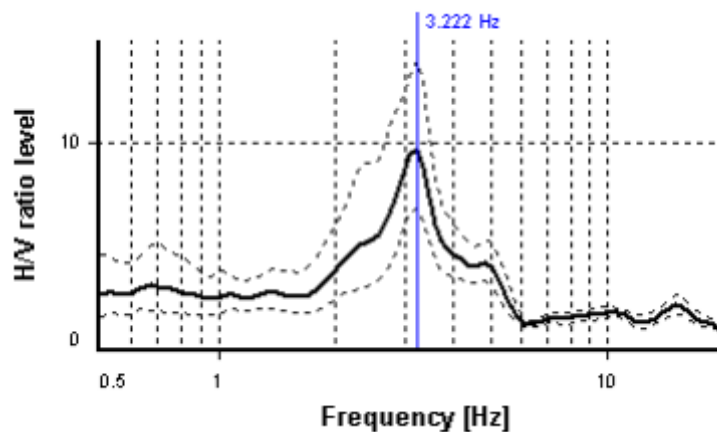
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

3.222 Hz

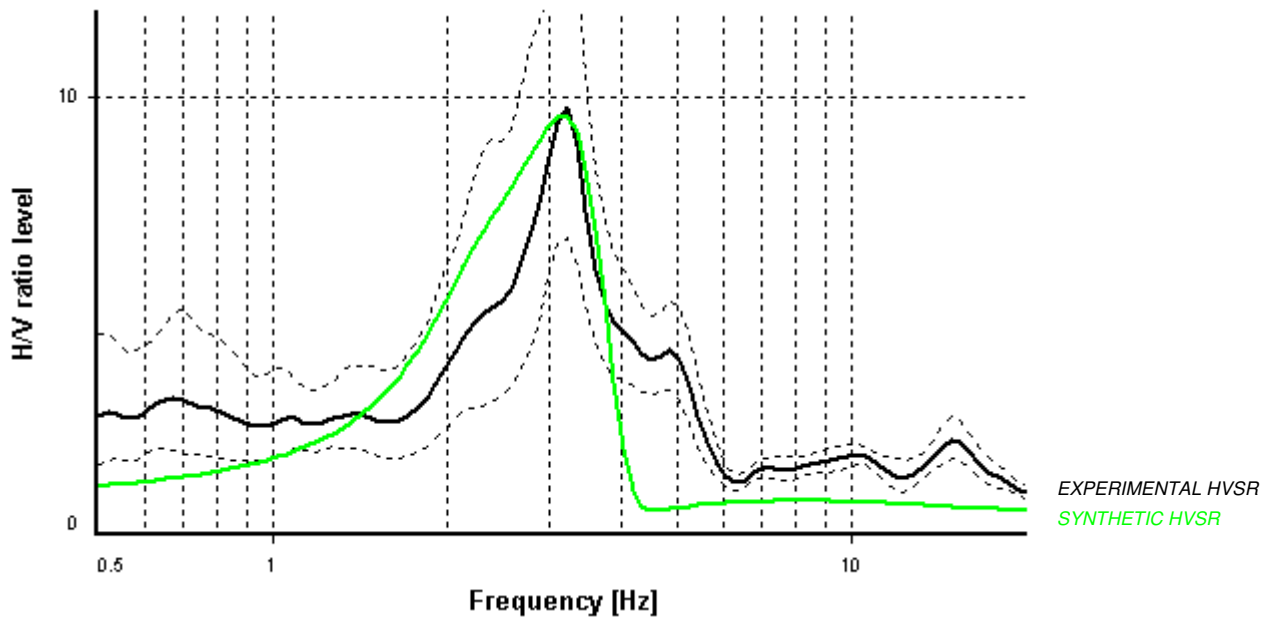
A_0 amplitude = 9.766

Average f_0 = 3.174 ± 0.116

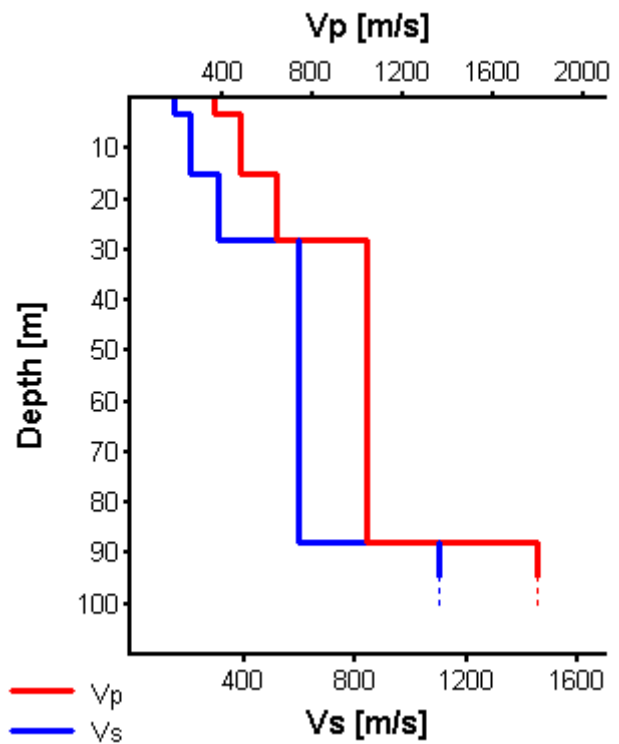


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	24 valid windows (length > 3.1 s) out of 24	OK
$n_c(f_0) > 200$	3092.88 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	2.21956 Hz	OK
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	3.88153 Hz	OK
$A_0 > 2$	9.77 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.1164 < 0.16109	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.43512 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
3	3	367	150	1400
12	15	477	210	1500
13	28	645	310	1600
60	88	1039	600	1700
-	> 88	1796	1100	1900



Vs 30 = 245 m/s (Offset = 0 m)

STATION INFORMATION

Station code: HVSR

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV3 GALLERIA PRINCIPE

Address: VIA PESSINA NAPOLI

Latitude: 40.852433°

Longitude: 14.249995°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 49 m s.l.m.

Weather: SERENO

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2025/08/27 08:20:59

Recording length: 20 min

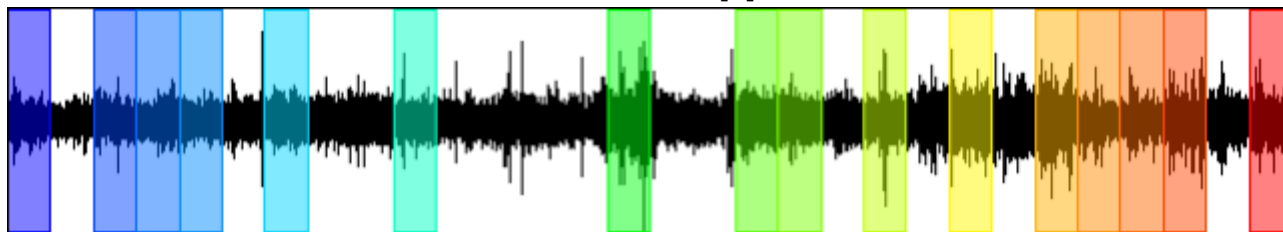
Windows count: 16

Average windows length: 40

Signal coverage: 53.33%

78546 Counts

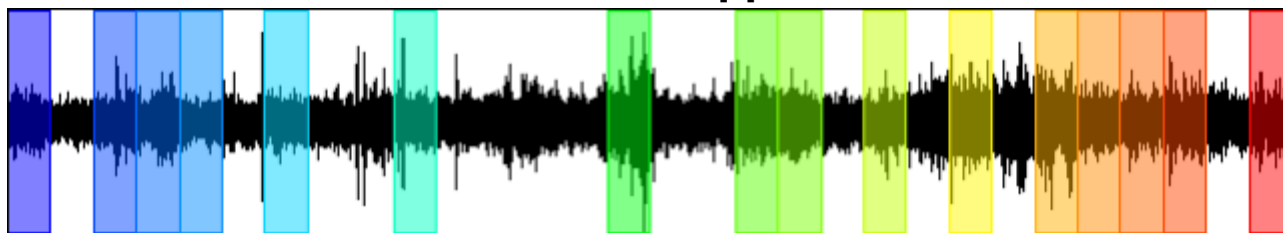
CHANNEL #1 [V]



-97505 Counts

75577 Counts

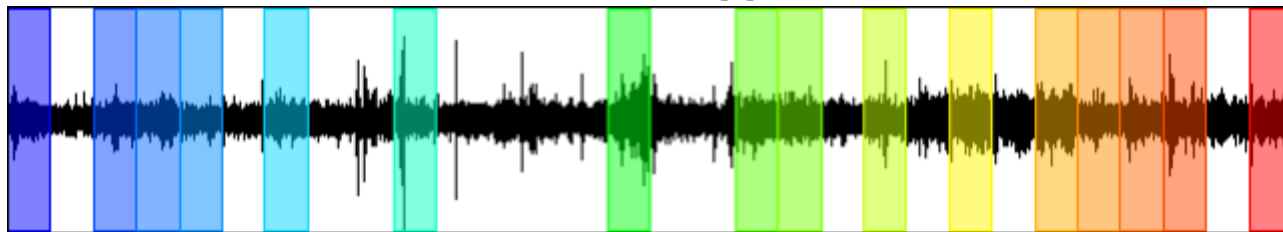
CHANNEL #2 [N]



-93823 Counts

121295 Counts

CHANNEL #3 [E]



-159870 Counts

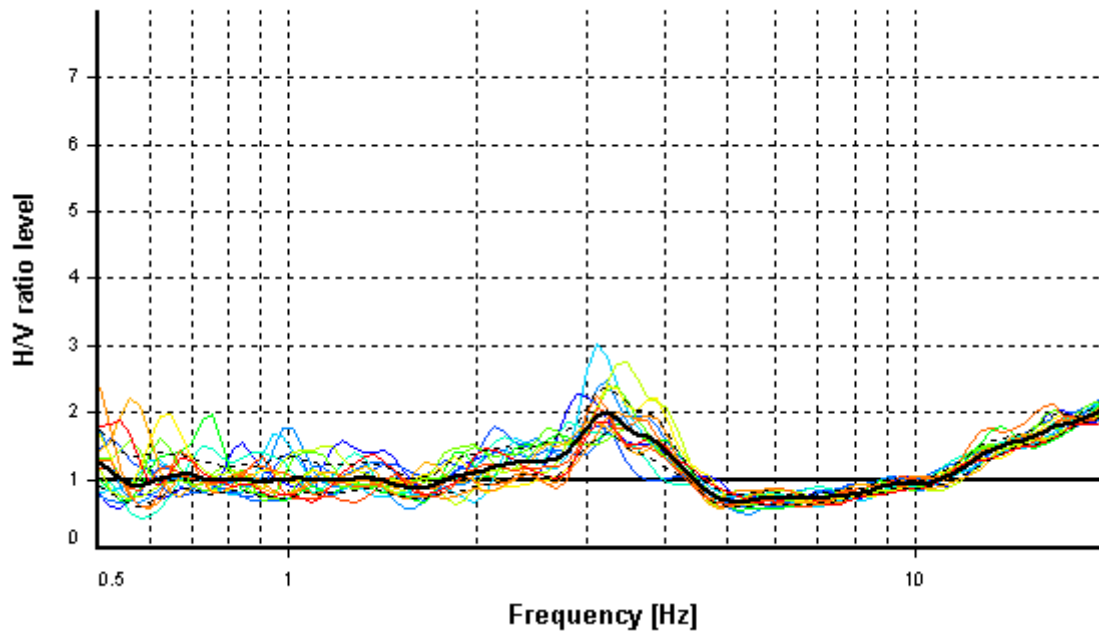
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

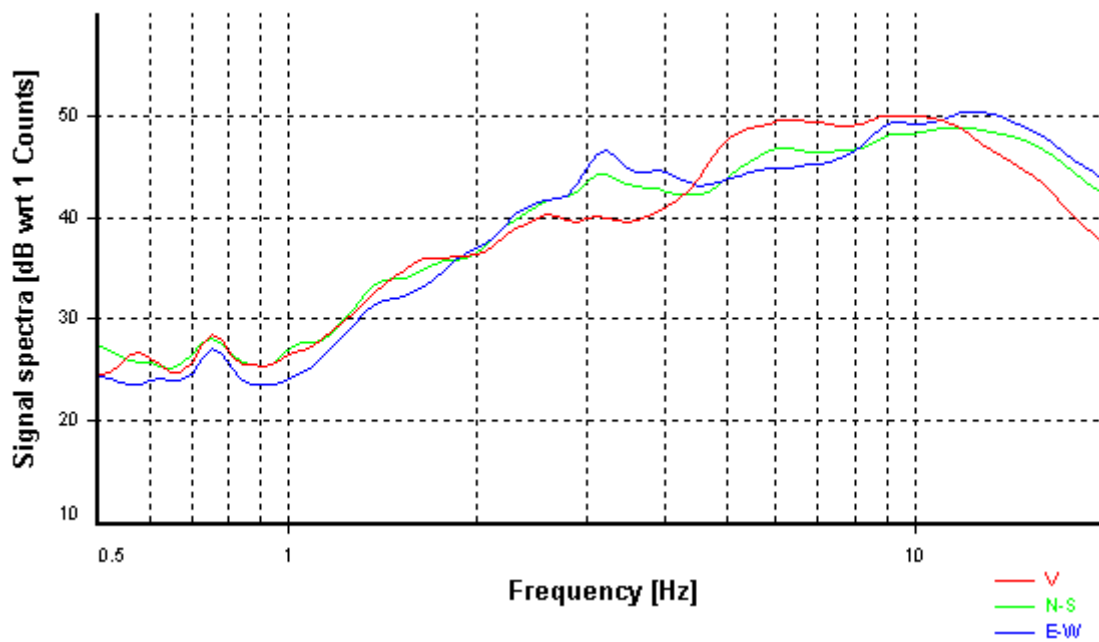
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

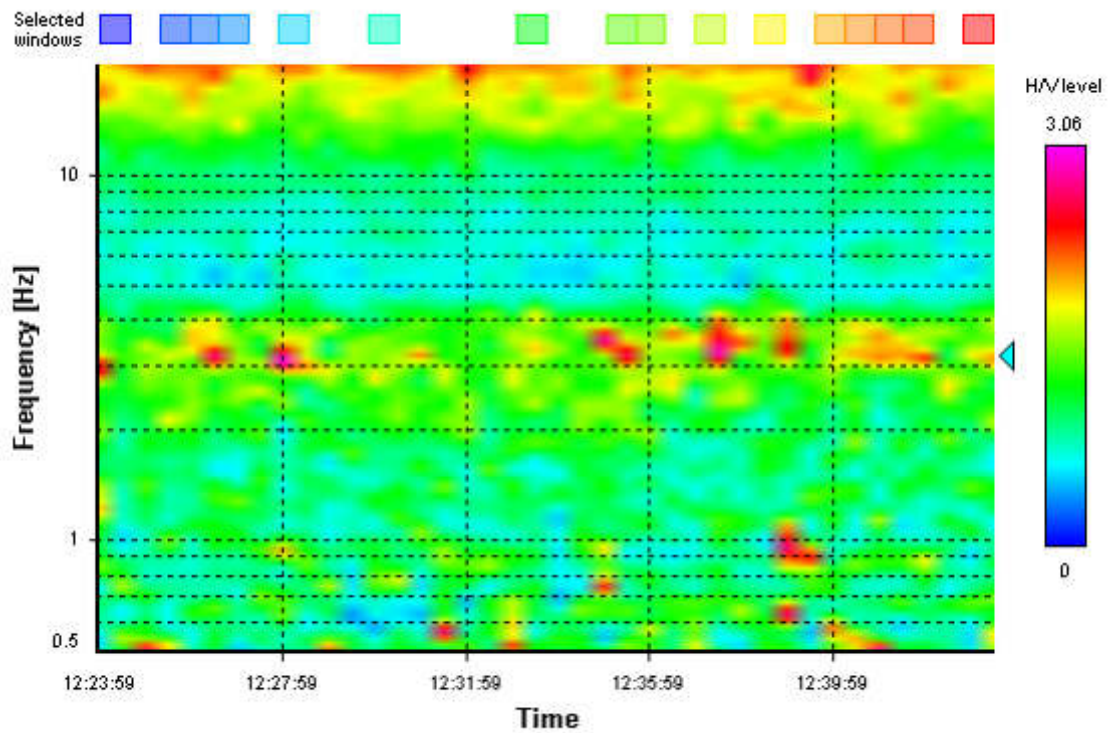
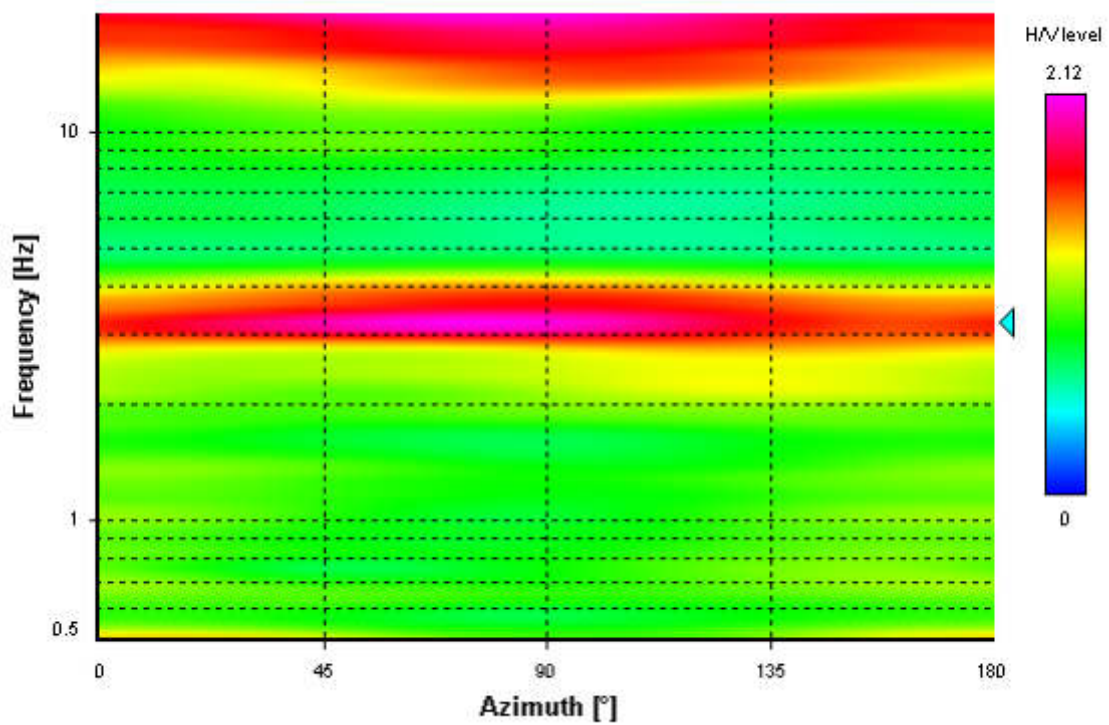
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)**HVSR directional analysis**

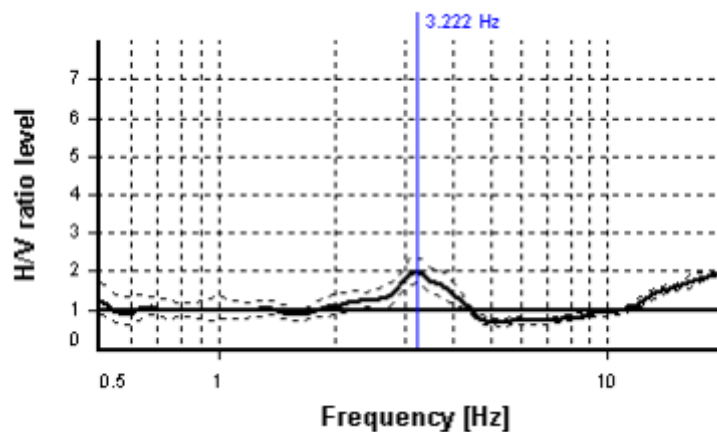
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

3.222 Hz

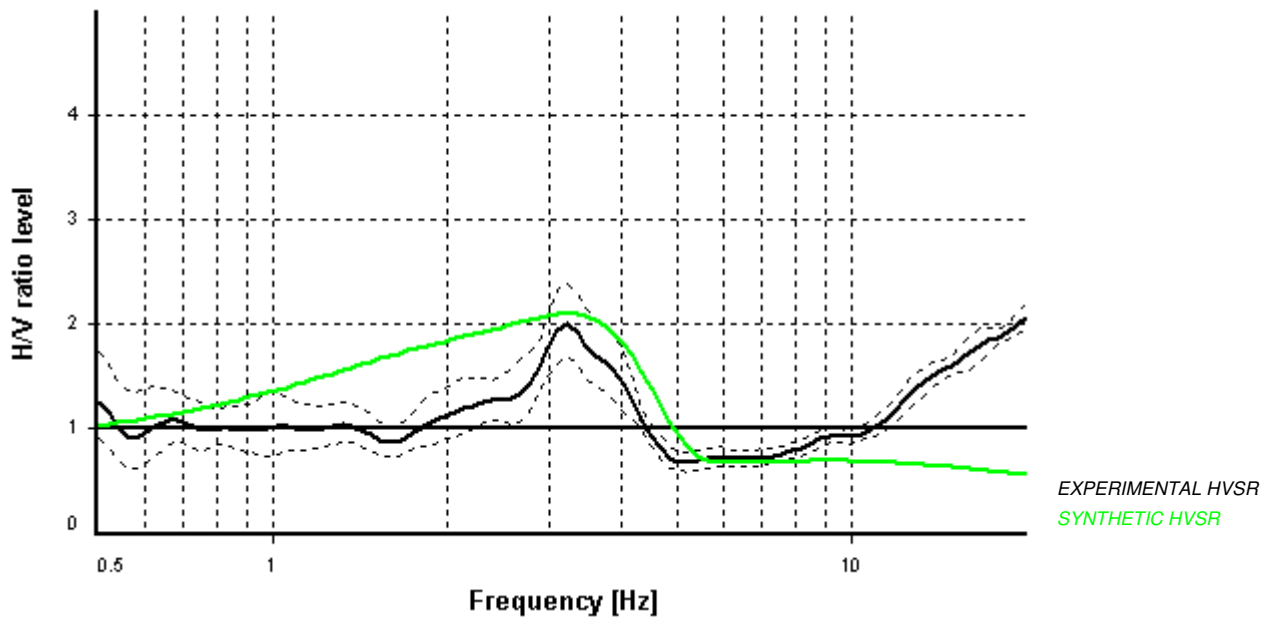
A_0 amplitude = 2.006

Average $f_0 = 3.214 \pm 0.216$

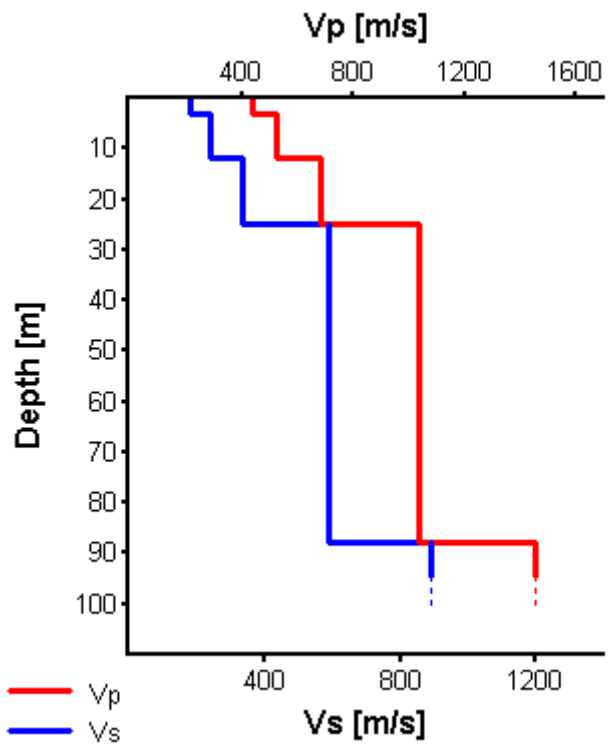


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	16 valid windows (length > 3.1 s) out of 16	OK
$n_c(f_0) > 200$	2061.92 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	1.77489 Hz	OK
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	4.5054 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.01 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.21569 >= 0.16109	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.18391 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
3	3	441	180	1400
9	12	528	240	1500
13	25	687	330	1600
63	88	1036	590	1700
-	> 88	1453	890	1800



Vs 30 = 294 m/s (Offset = 0 m)

STATION INFORMATION

Station code: HVSR

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV4 GALLERIA PRINCIPE

Address: VIA S MARIA DI COSTANTINOPOLI ANGOLO VIA BROGGIA NAPOLI

Latitude: 40.852013°

Longitude: 14.251575°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 50.4 m s.l.m.

Weather: SERENO

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2025/08/27 08:58:59

Recording length: 20 min

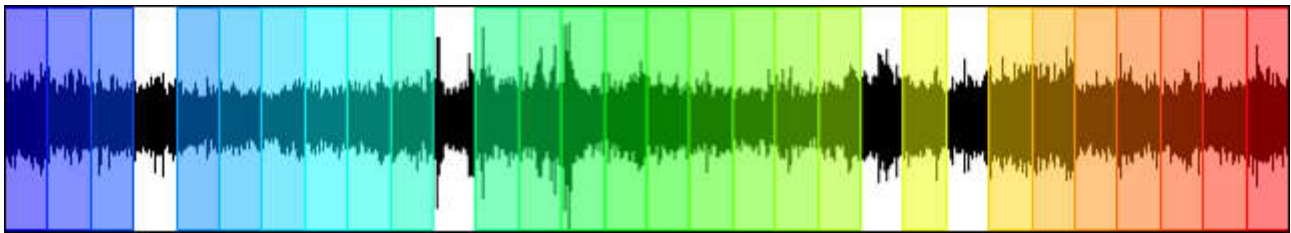
Windows count: 26

Average windows length: 40

Signal coverage: 86.67%

176502 Counts

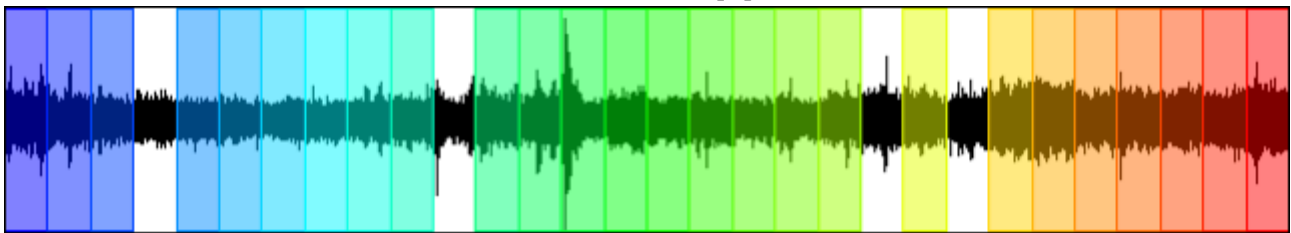
CHANNEL #1 [V]



-190819 Counts

285792 Counts

CHANNEL #2 [N]



-316779 Counts

266867 Counts

CHANNEL #3 [E]



-264464 Counts

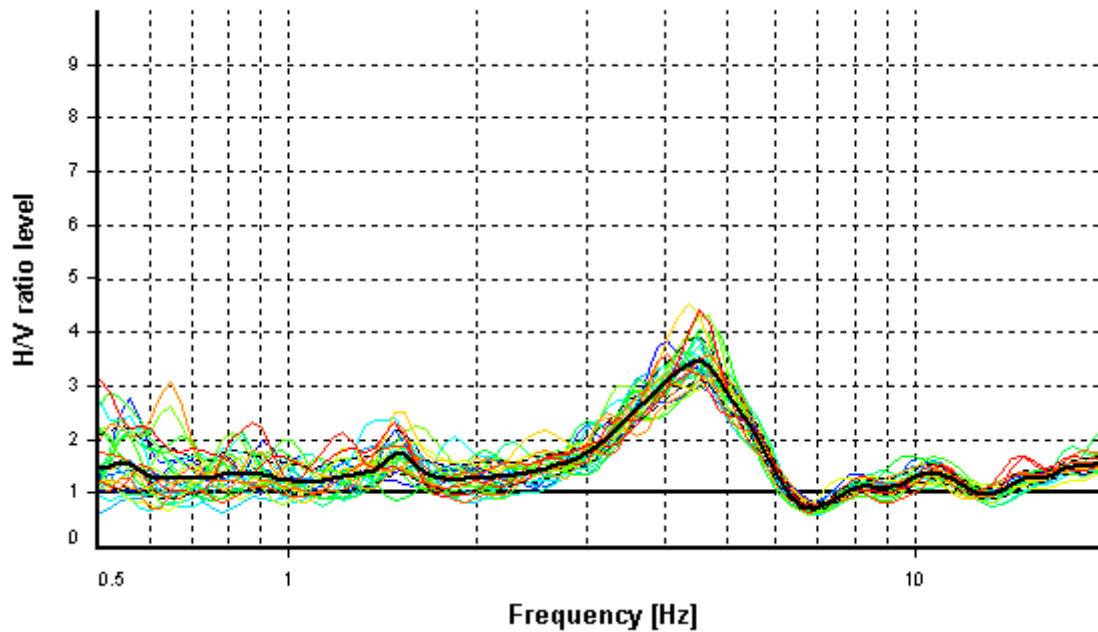
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

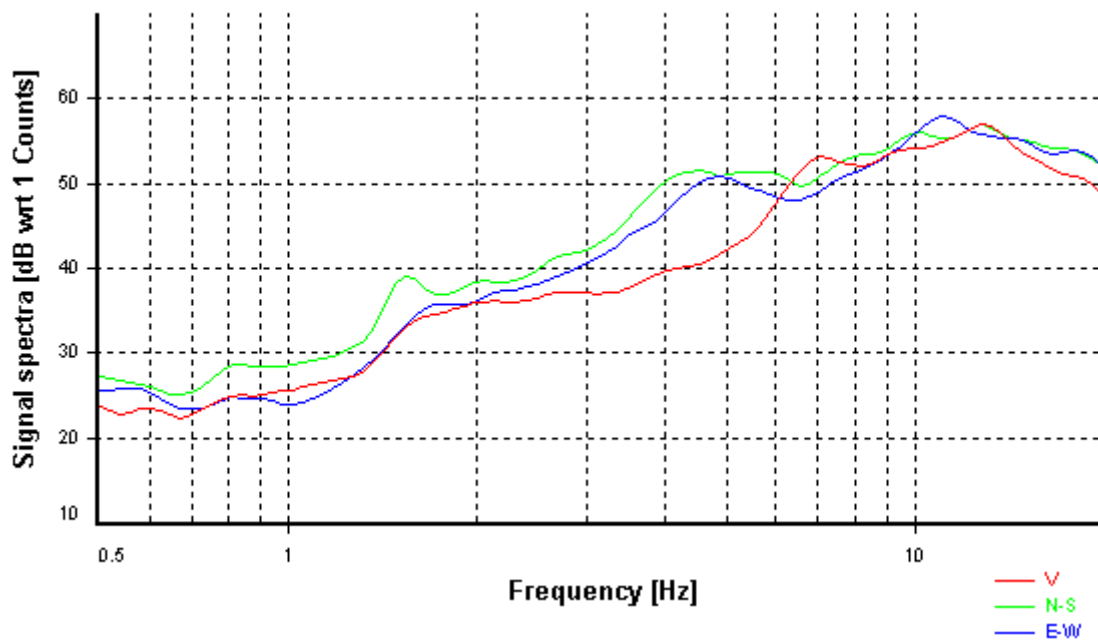
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

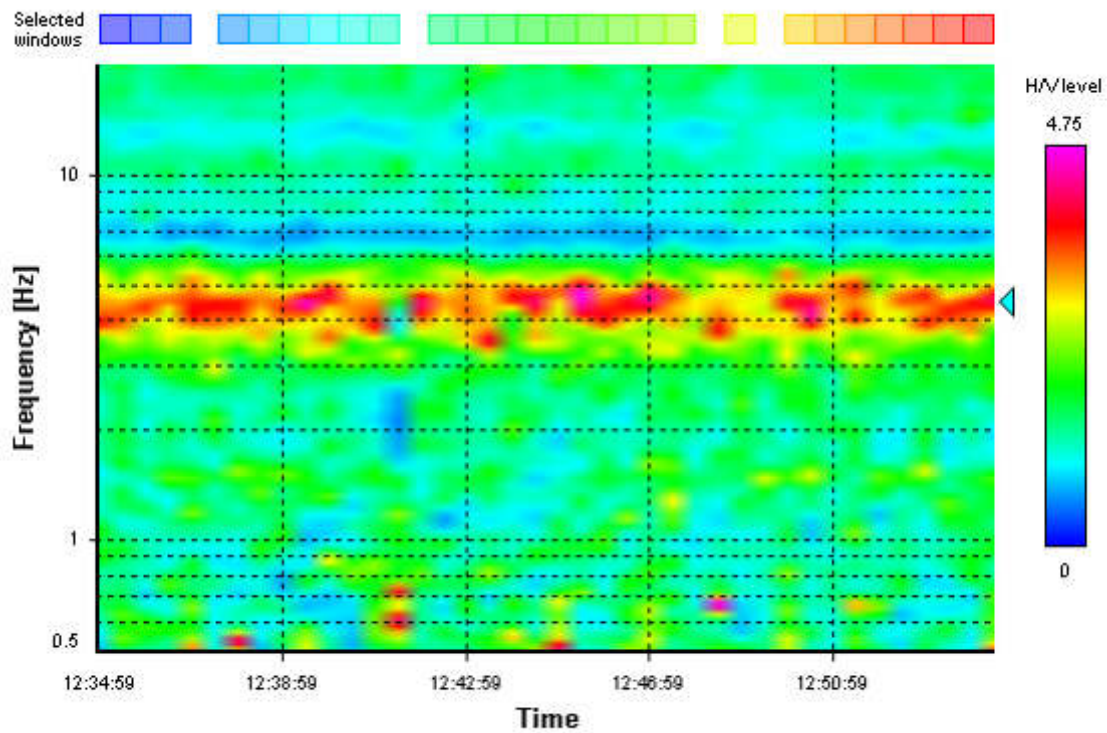
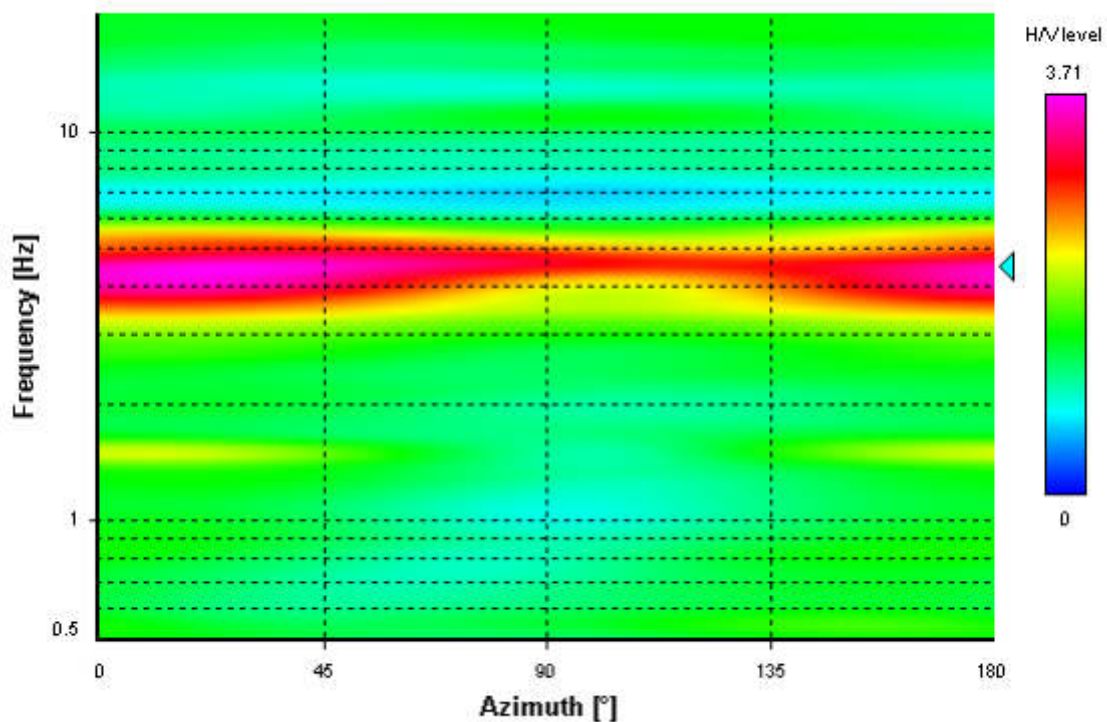
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)**HVSR directional analysis**

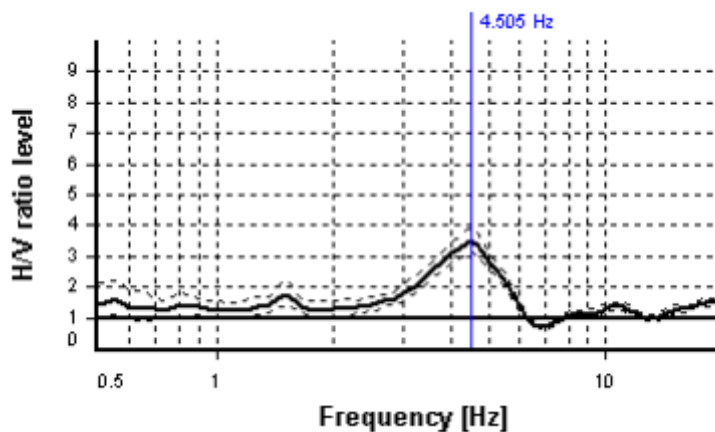
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

4.505 Hz

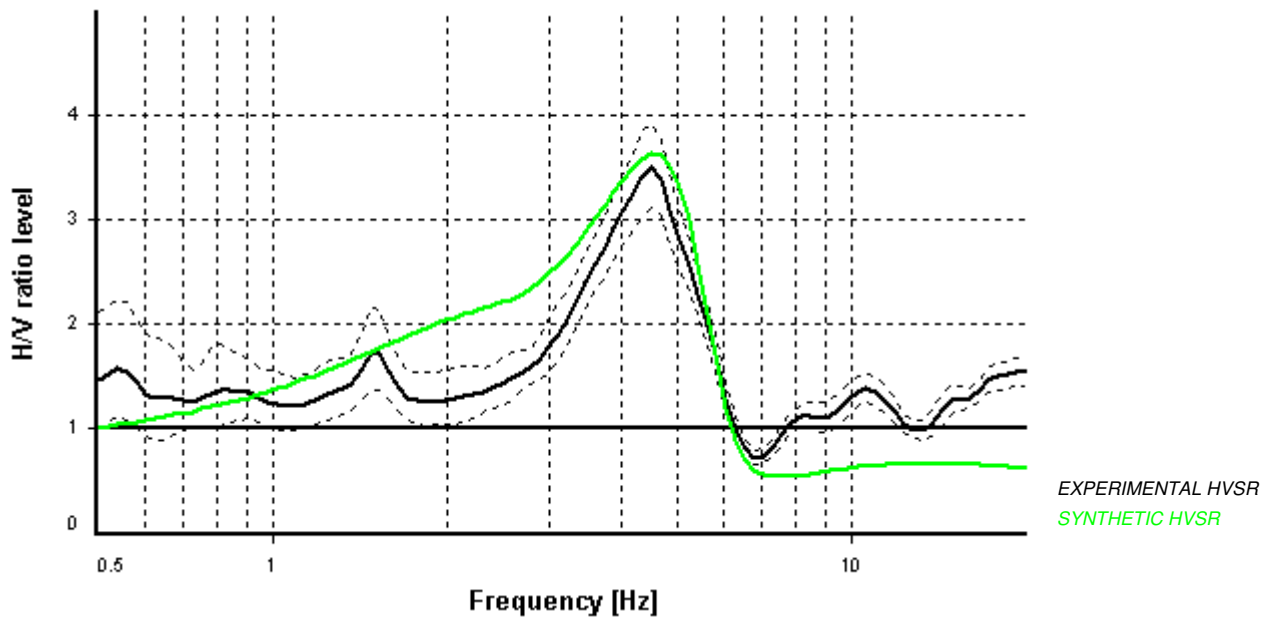
A_0 amplitude = 3.497

Average $f_0 = 4.491 \pm 0.207$

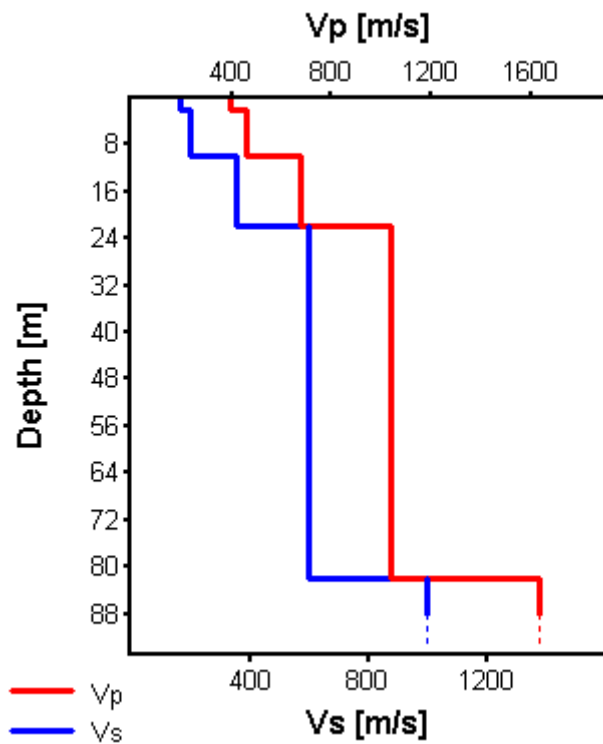


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	26 valid windows (length > 2.22 s) out of 26	OK
$n_c(f_0) > 200$	4685.61 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	2.881 Hz	OK
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	5.84804 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.5 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.20739 < 0.22527	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.12344 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
2	2	392	160	1400
8	10	455	200	1500
12	22	680	350	1600
60	82	1039	600	1700
-	> 82	1633	1000	1900



Vs 30 = 300 m/s (Offset = 0 m)

STATION INFORMATION

Station code: HVSR

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV5 GALLERIA PRINCIPE

Address: VIA BROGGIA NAPOLI

Latitude: 40.851907°

Longitude: 14.250538°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 48 m s.l.m.

Weather: SERENO

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2025/08/27 09:30:21

Recording length: 20 min

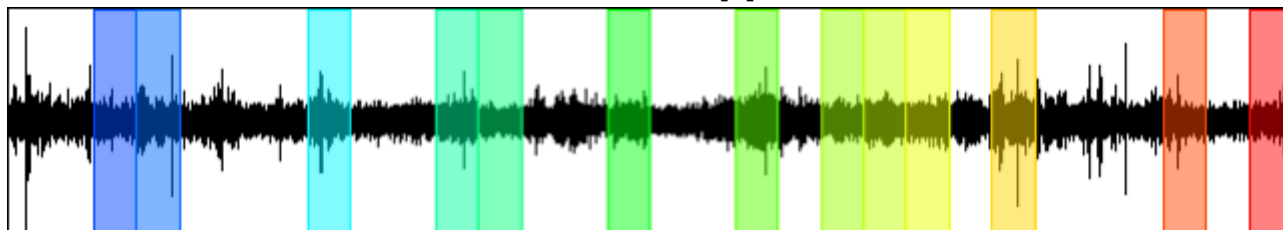
Windows count: 13

Average windows length: 40

Signal coverage: 43.33%

252528 Counts

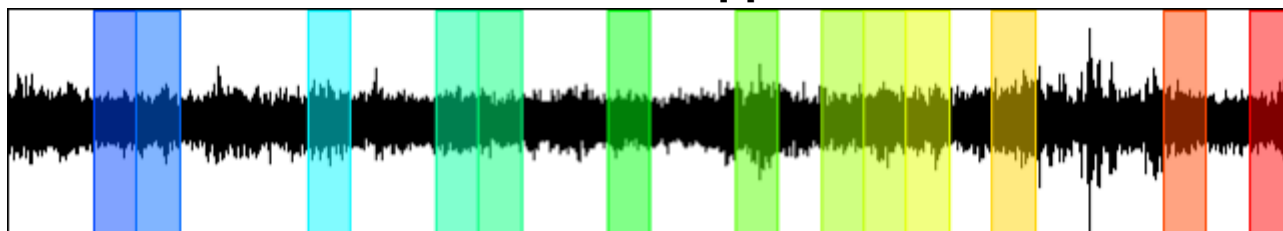
CHANNEL #1 [V]



-300120 Counts

100327 Counts

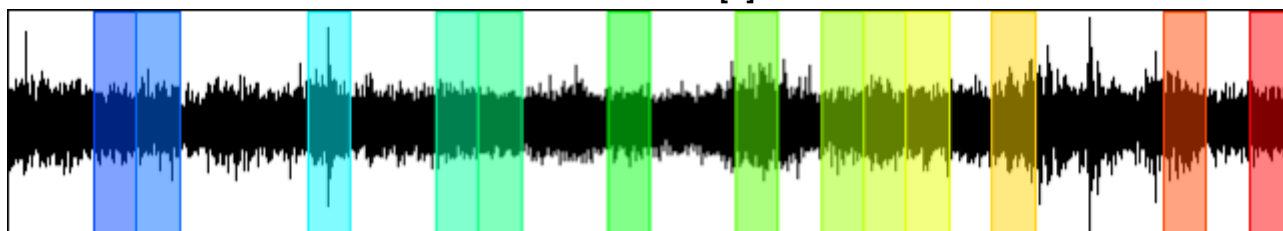
CHANNEL #2 [N]



-119722 Counts

99600 Counts

CHANNEL #3 [E]



-105589 Counts

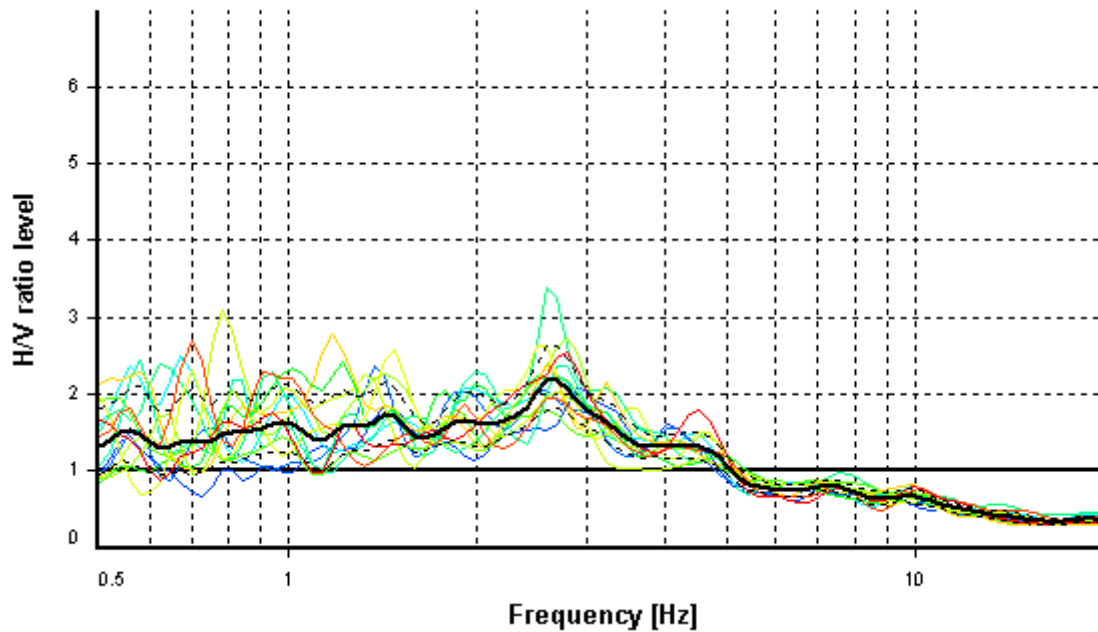
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

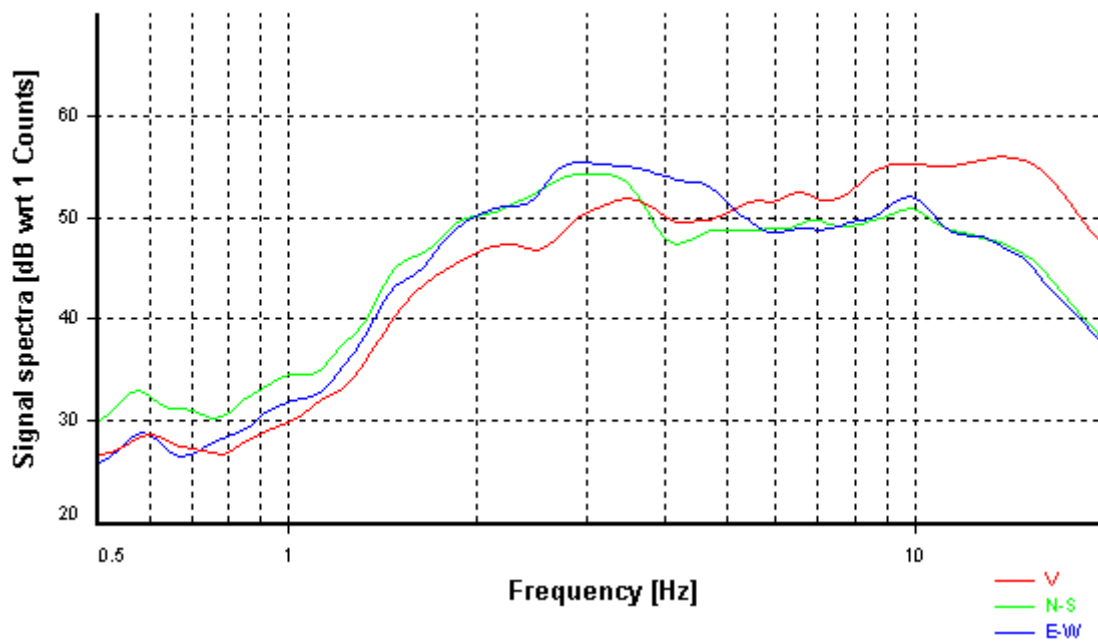
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

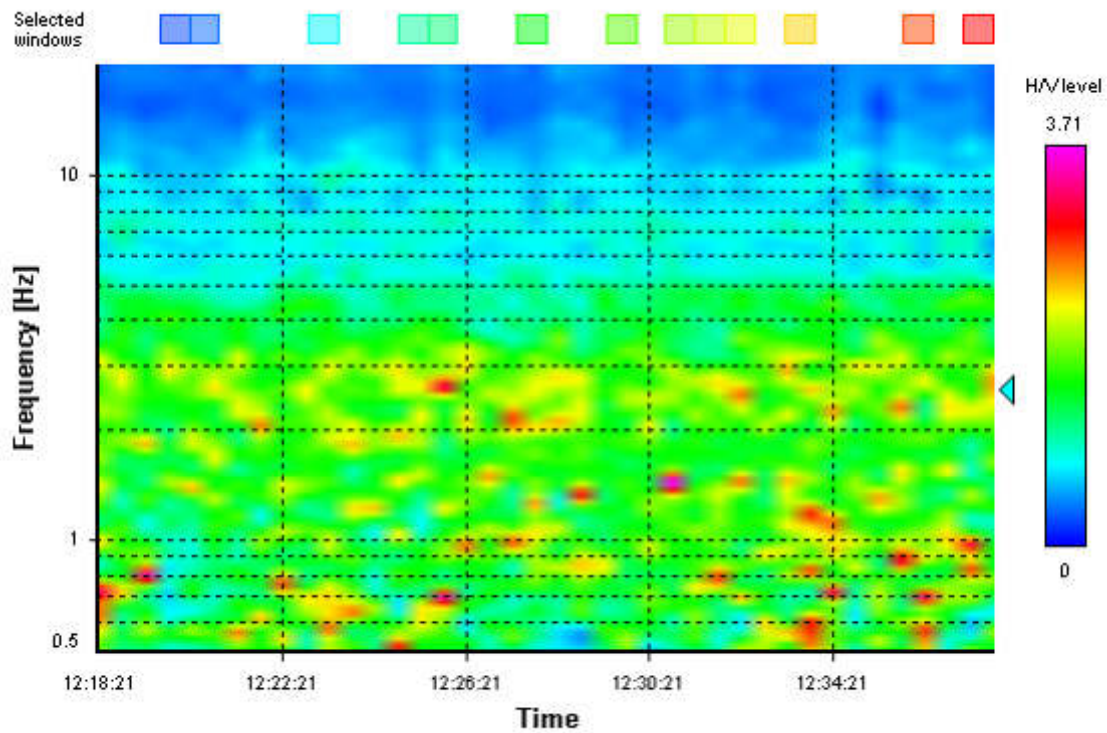
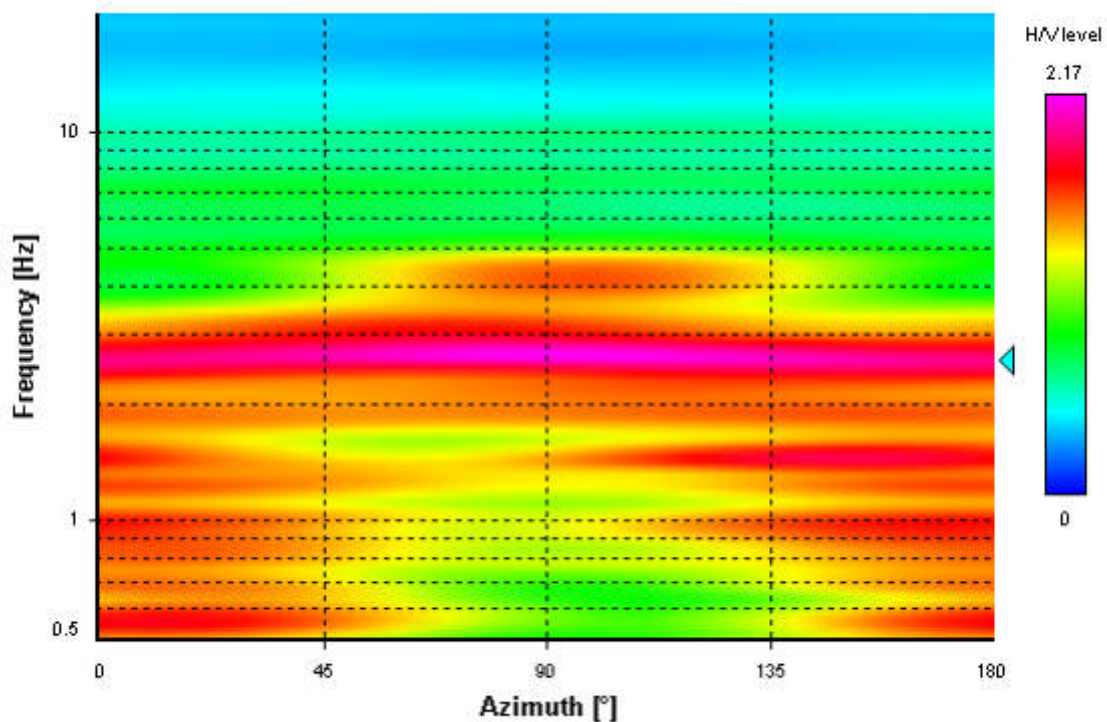
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)**HVSR directional analysis**

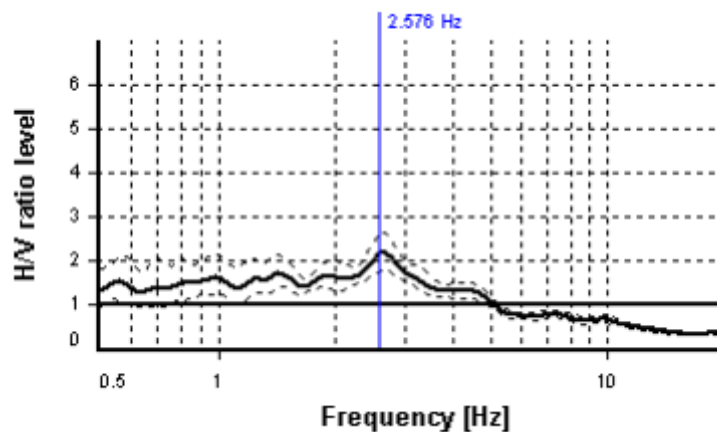
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.576 Hz

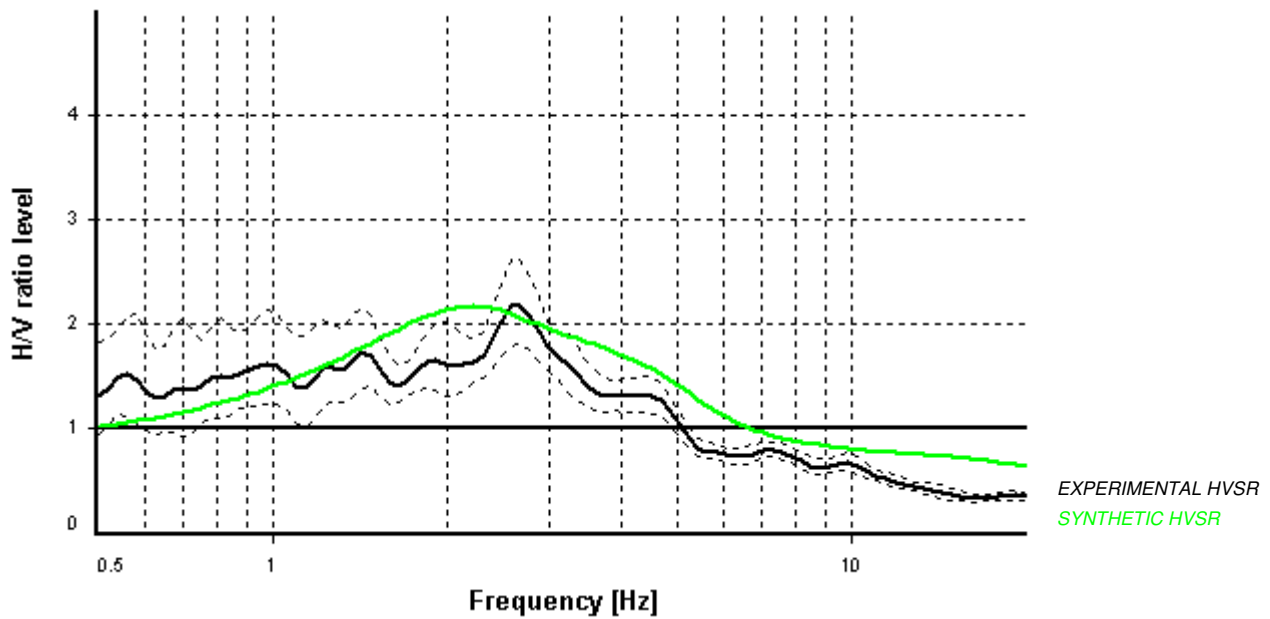
A_0 amplitude = 2.165

Average f_0 = 2.646 ± 0.117

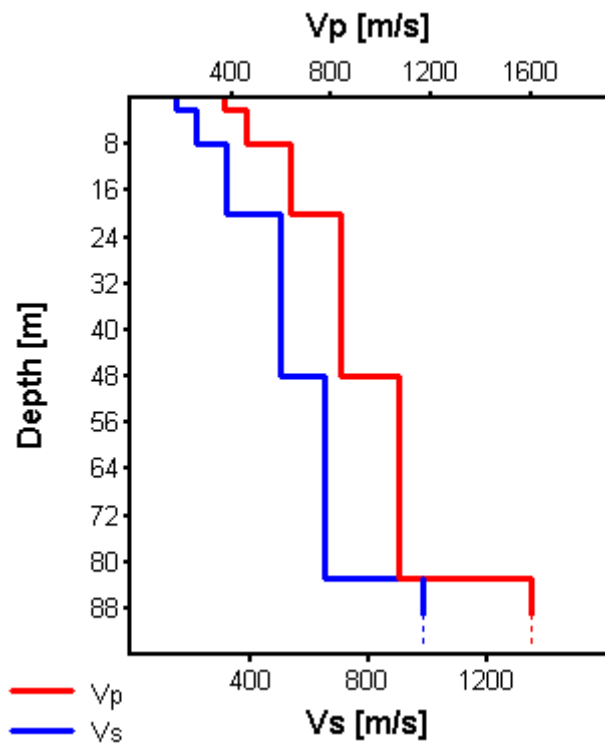


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	13 valid windows (length > 3.88 s) out of 13	OK
$n_c(f_0) > 200$	1339.68 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	5.03826 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.16 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.8% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.11732 < 0.12882	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.21096 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
2	2	367	150	1400
6	8	458	220	1500
12	20	635	320	1600
28	48	835	500	1700
35	83	1073	650	1800
-	> 83	1600	980	1900



Vs 30 = 306 m/s (Offset = 0 m)

STATION INFORMATION

Station code: HVSR

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV6 GALLERIA PRINCIPE

Address: VIA PESSINA NAPOLI

Latitude: 40.851220°

Longitude: 14.250114°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 45 m s.l.m.

Weather: SERENO

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2025/08/27 10:05:48

Recording length: 20 min

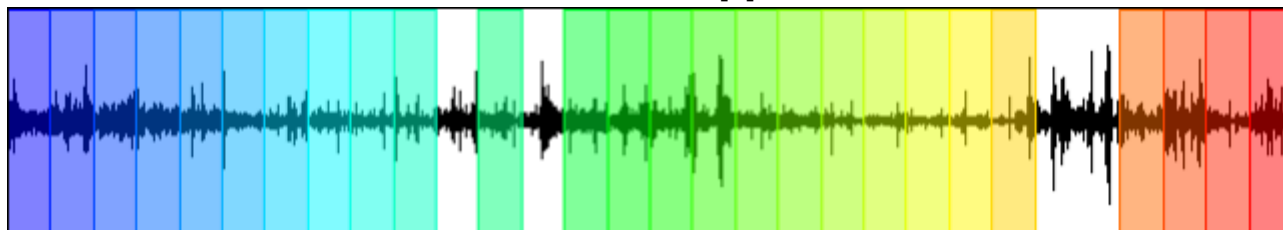
Windows count: 26

Average windows length: 40

Signal coverage: 86.67%

84771 Counts

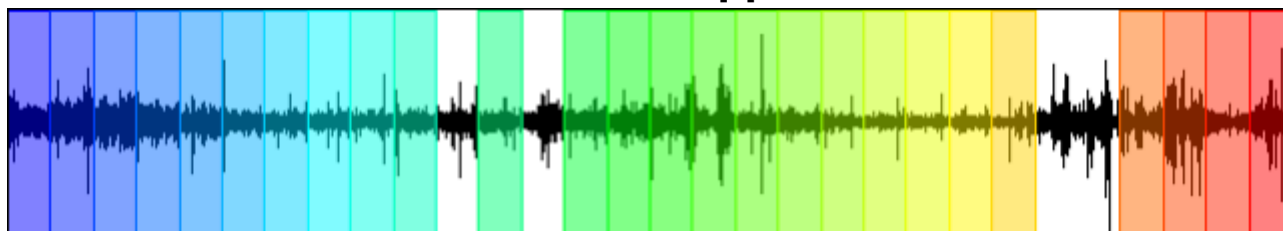
CHANNEL #1 [V]



-63168 Counts

105452 Counts

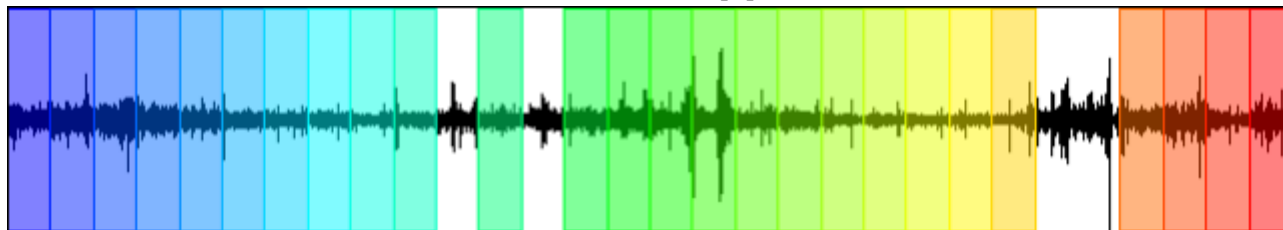
CHANNEL #2 [N]



-133559 Counts

147279 Counts

CHANNEL #3 [E]



-148521 Counts

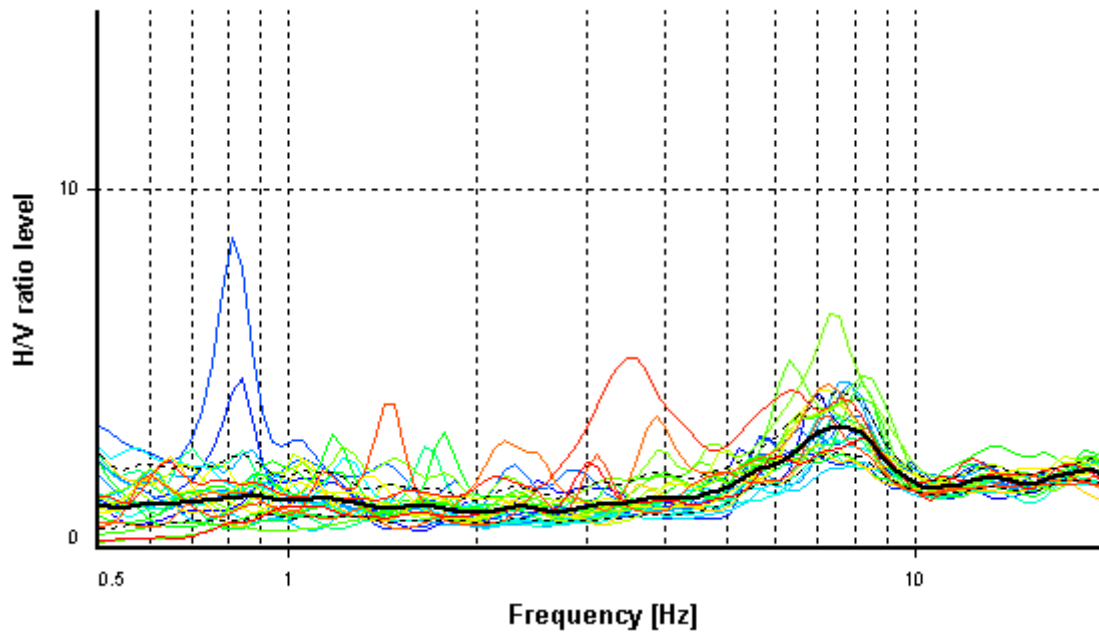
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

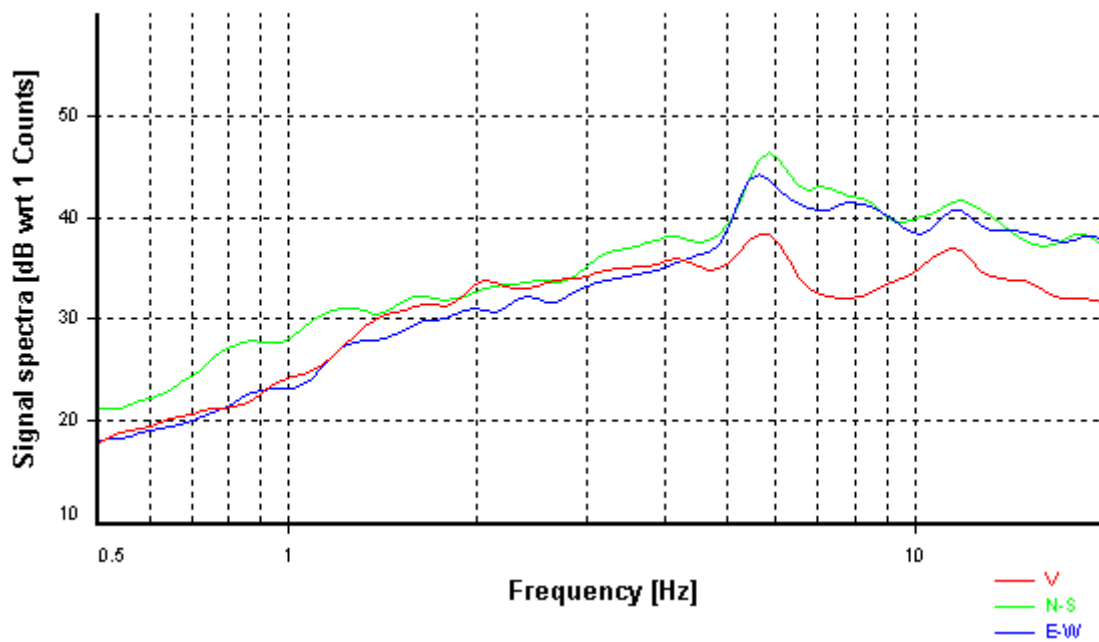
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

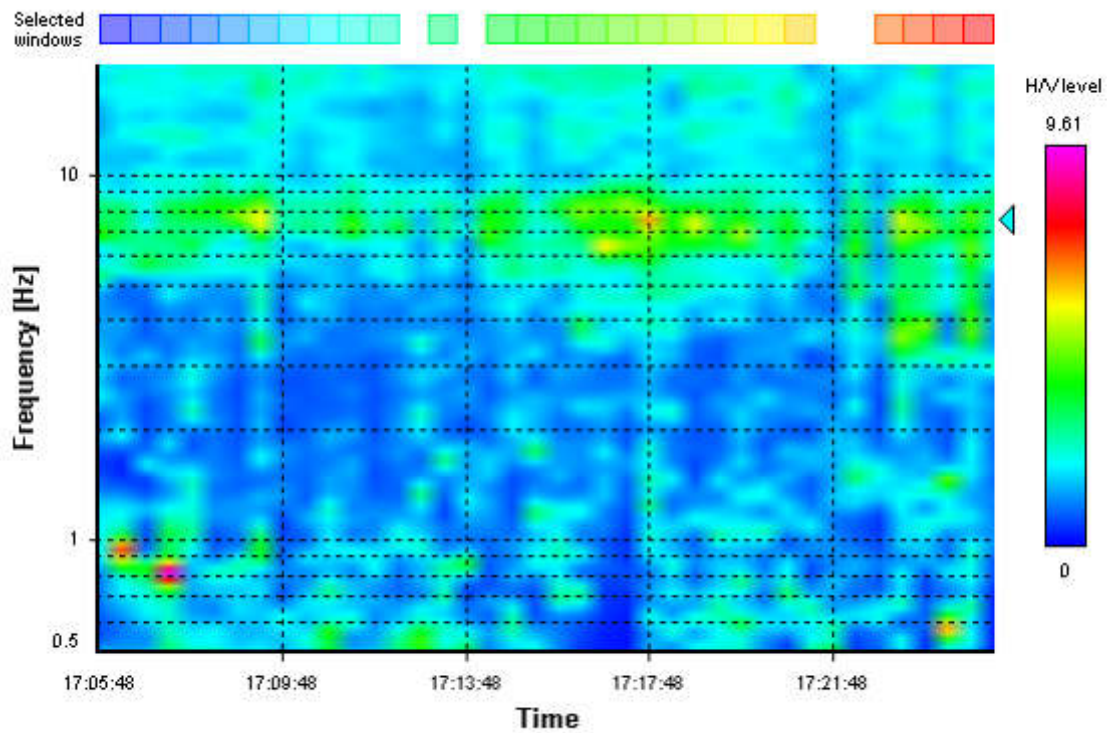
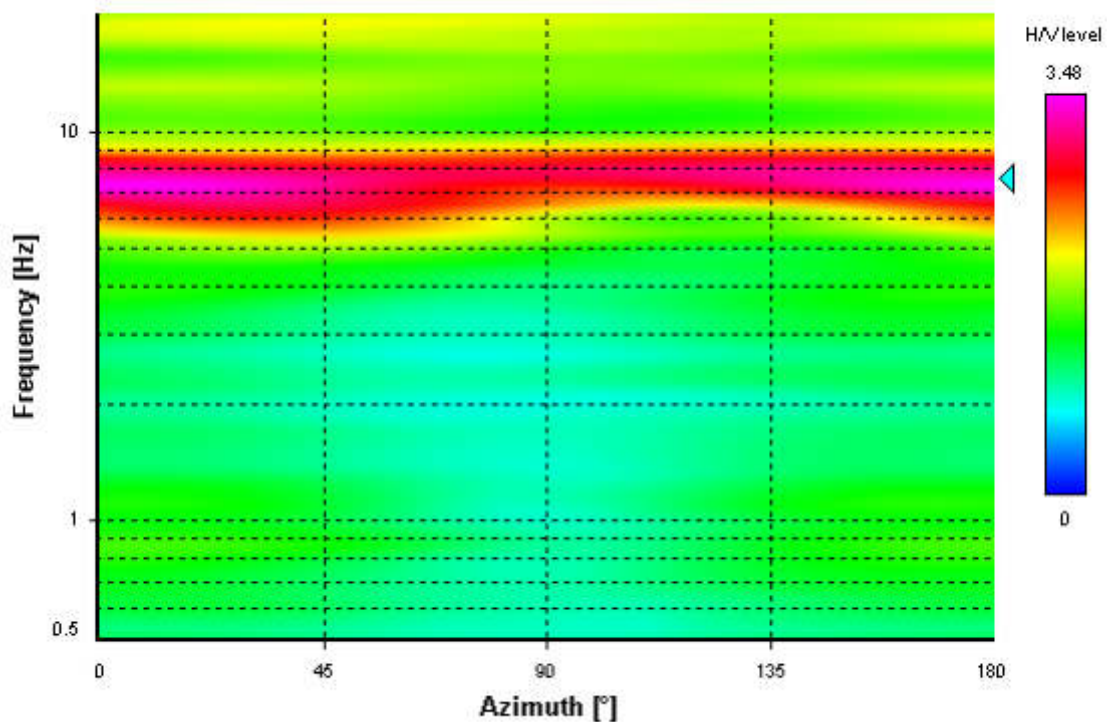
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)**HVSR directional analysis**

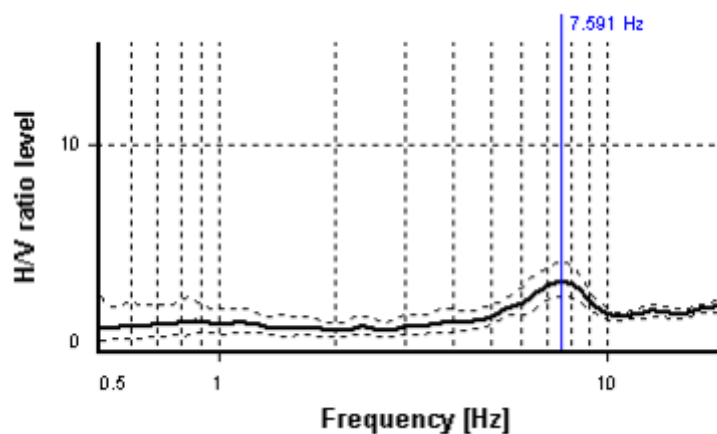
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

7.591 Hz

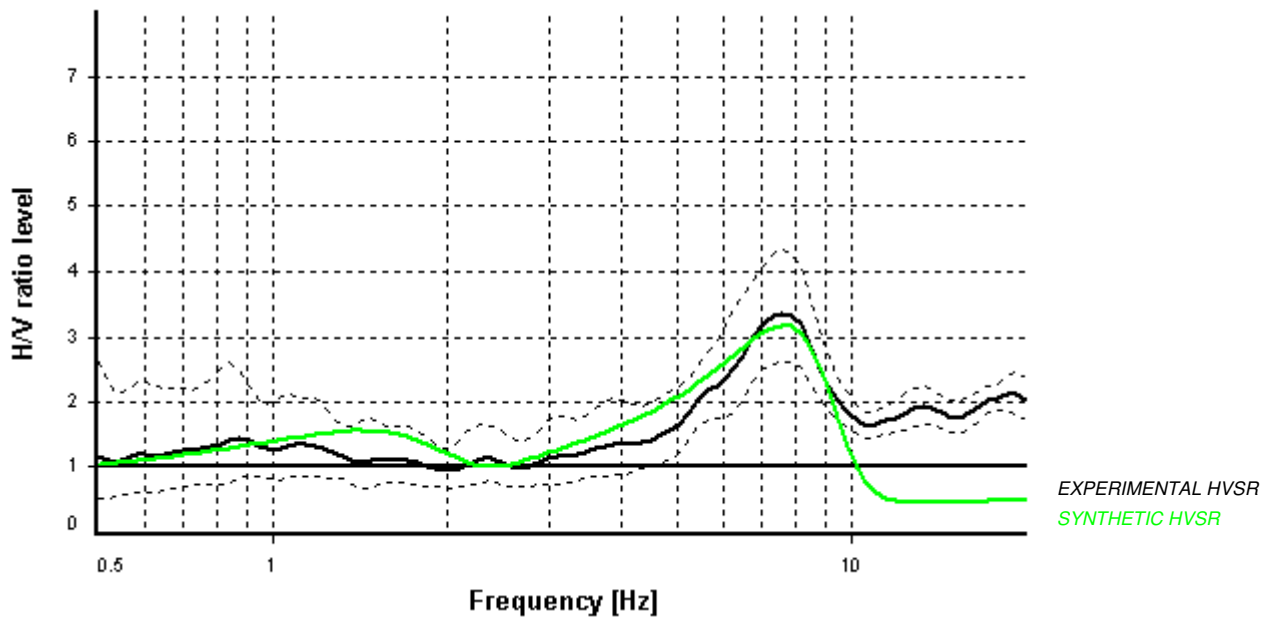
A_0 amplitude = 3.367

Average $f_0 = 7.384 \pm 0.650$

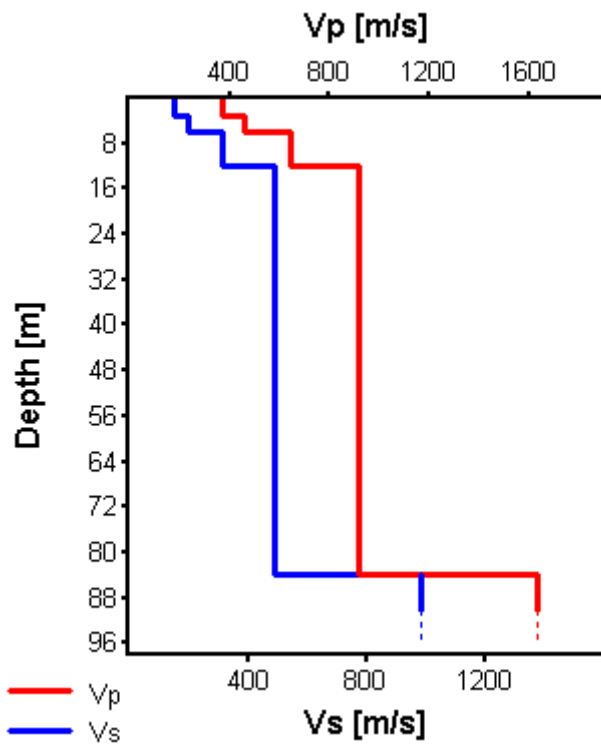


HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	26 valid windows (length > 1.32 s) out of 26	OK
$n_c(f_0) > 200$	7894.42 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	5.03826 Hz	OK
$\exists f^* \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	10.61521 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.37 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.64993 >= 0.37954	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.28802 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
3	3	367	150	1400
3	6	455	200	1500
6	12	645	310	1600
72	84	917	490	1700
-	> 84	1636	980	1900



Vs 30 = 329 m/s (Offset = 0 m)

STATION INFORMATION

Station code: HVSR

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV1 CAVALCANTI

Address: VIA TOLEDO NAPOLI

Latitude: 40.843205°

Longitude: 14.248881°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 27 m s.l.m.

Weather: SERENO

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2025/08/27 07:42:56

Recording length: 15 min

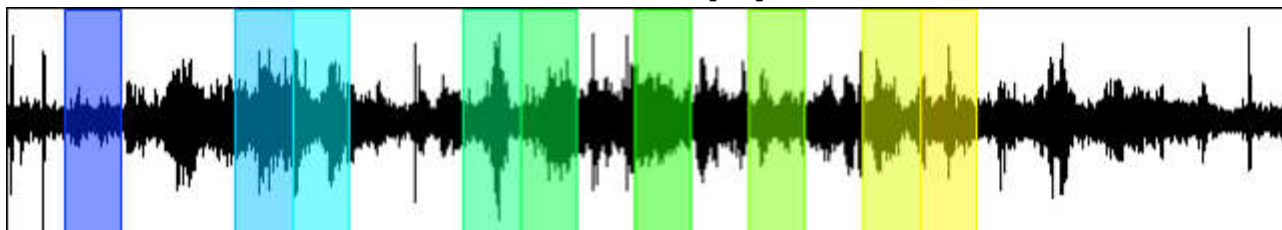
Windows count: 9

Average windows length: 40

Signal coverage: 40%

189511 Counts

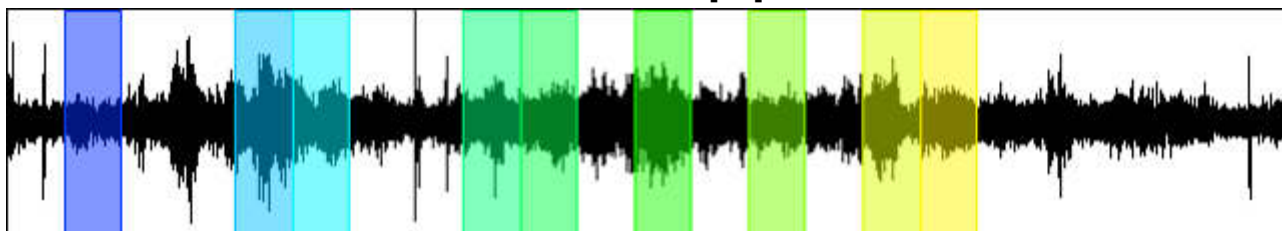
CHANNEL #1 [UD]



-223848 Counts

96113 Counts

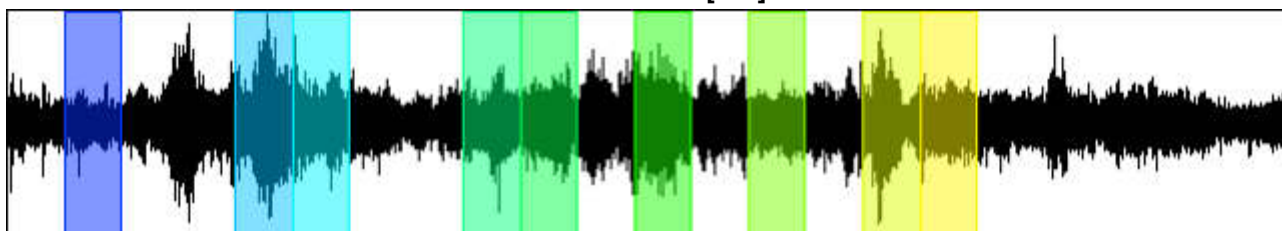
CHANNEL #2 [NS]



-87130 Counts

90448 Counts

CHANNEL #3 [EW]



-82636 Counts

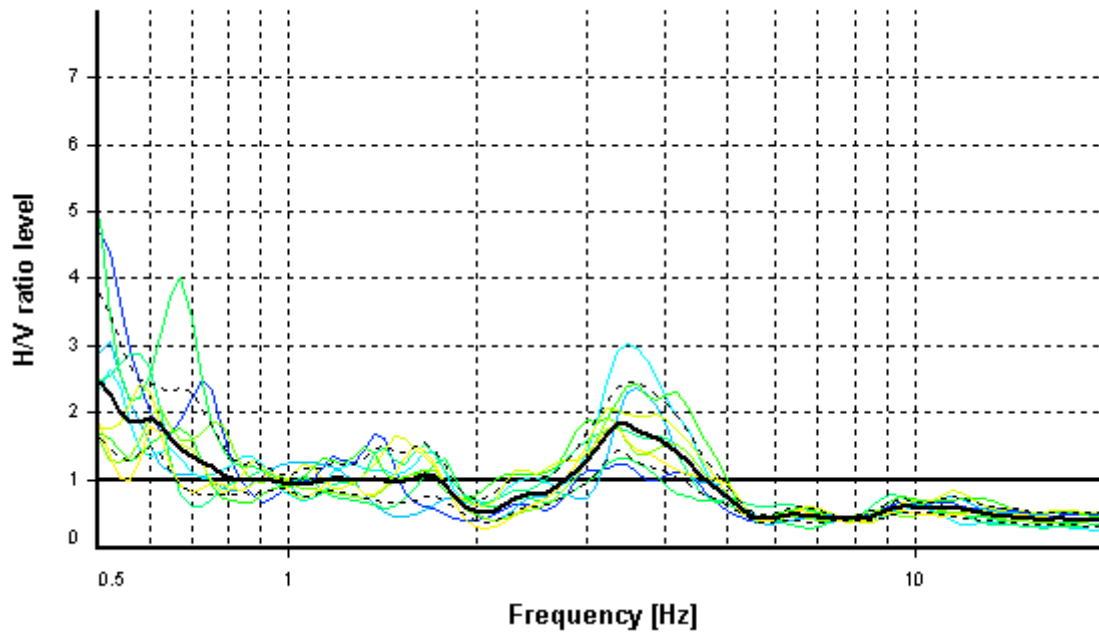
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

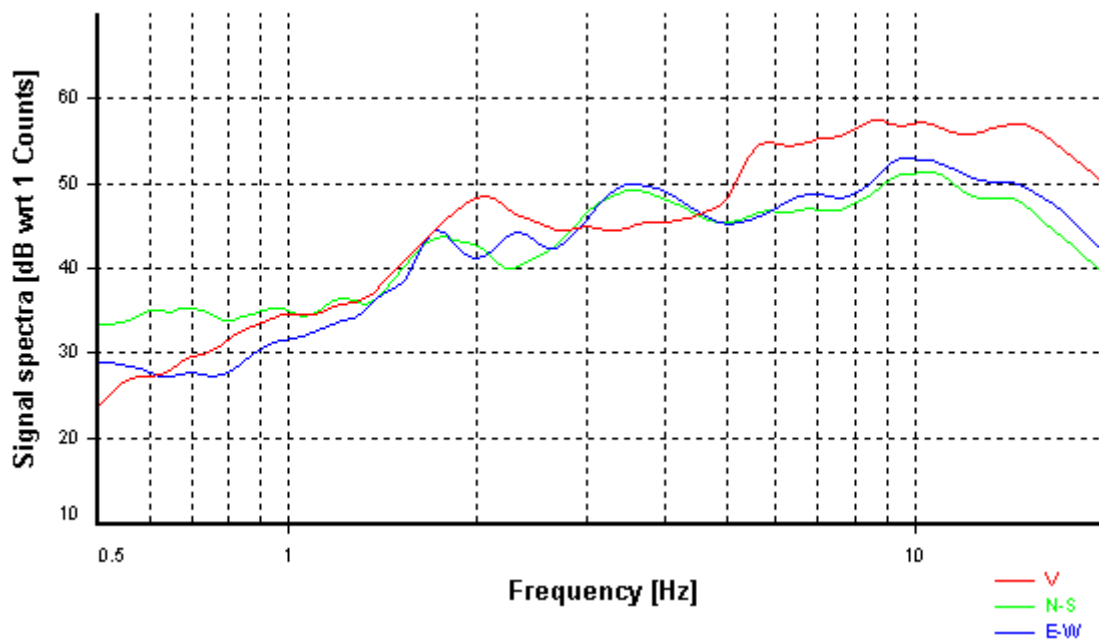
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

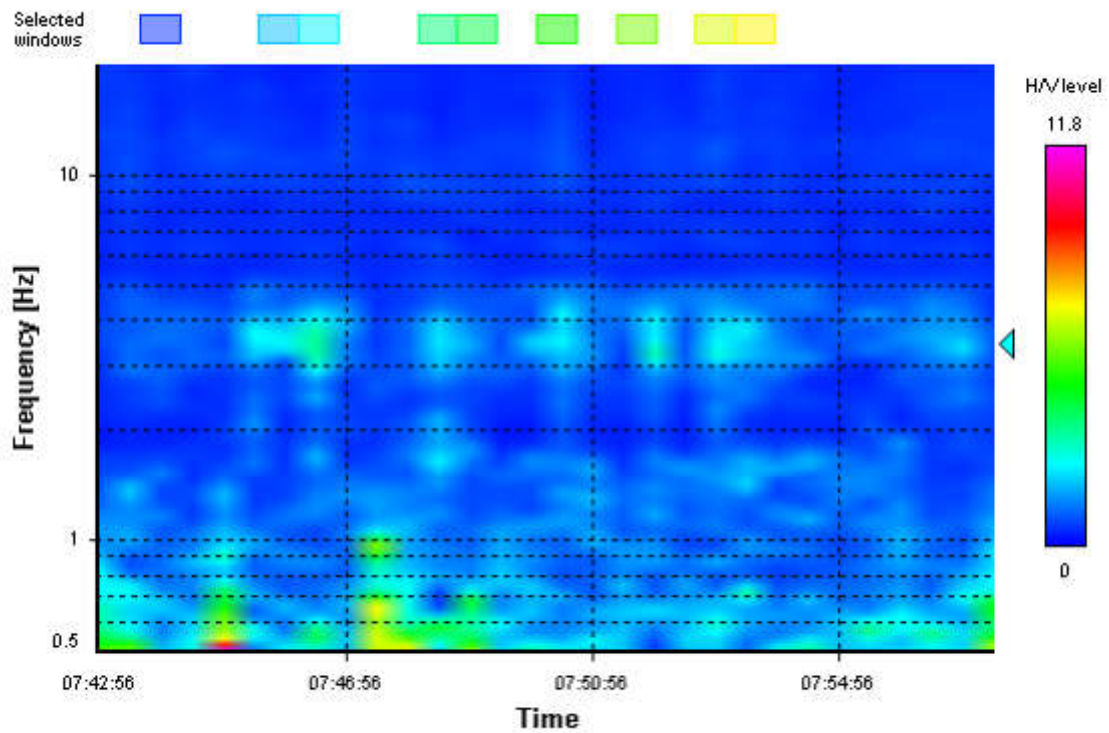
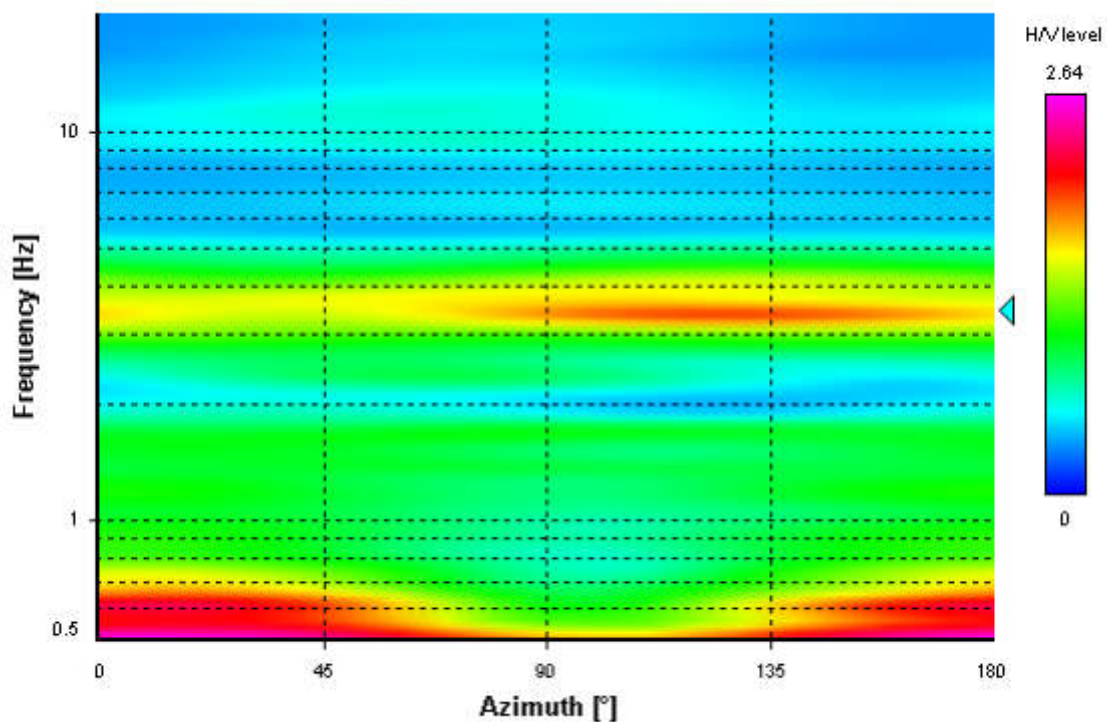
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)**HVSR directional analysis**

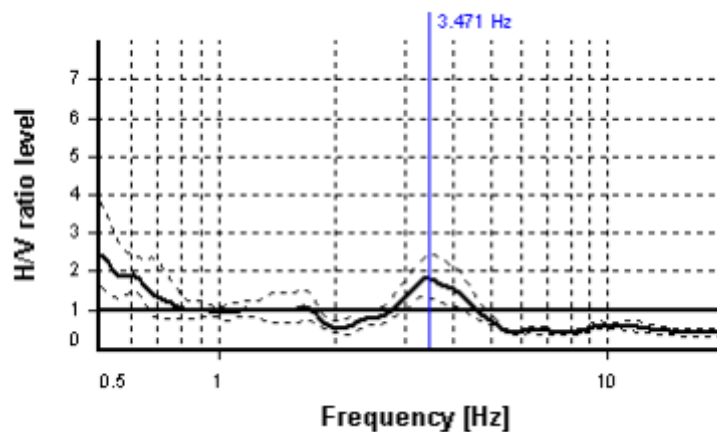
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

3.471 Hz

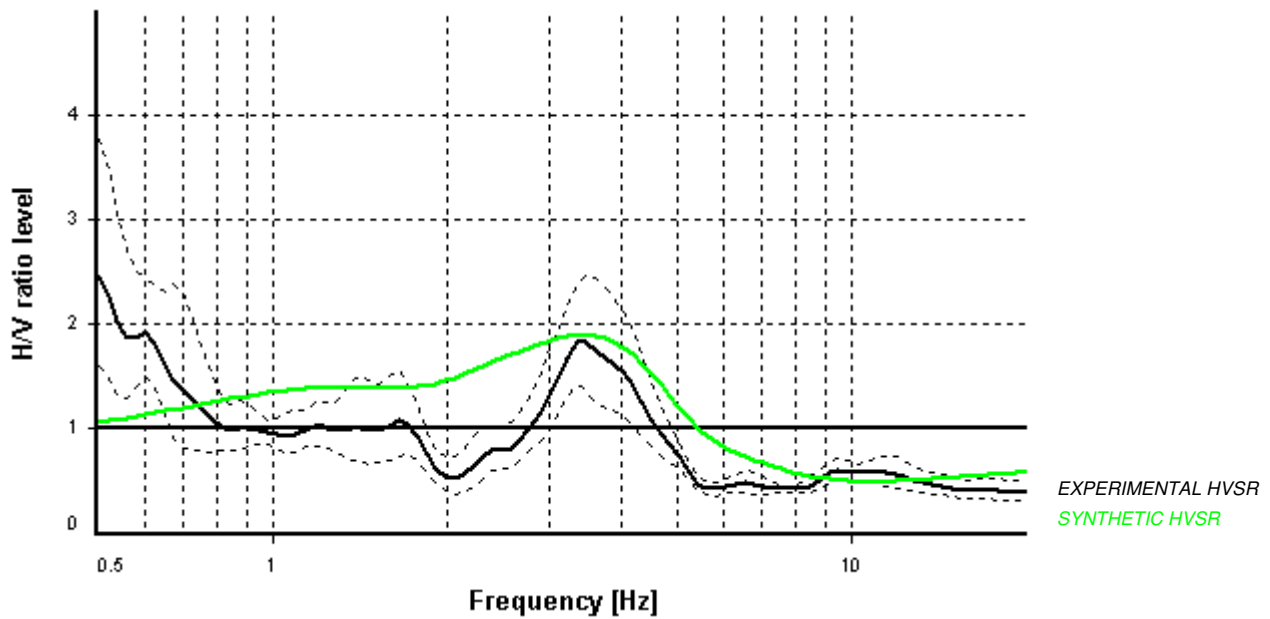
A_0 amplitude = 1.834

Average $f_0 = 3.388 \pm 0.142$

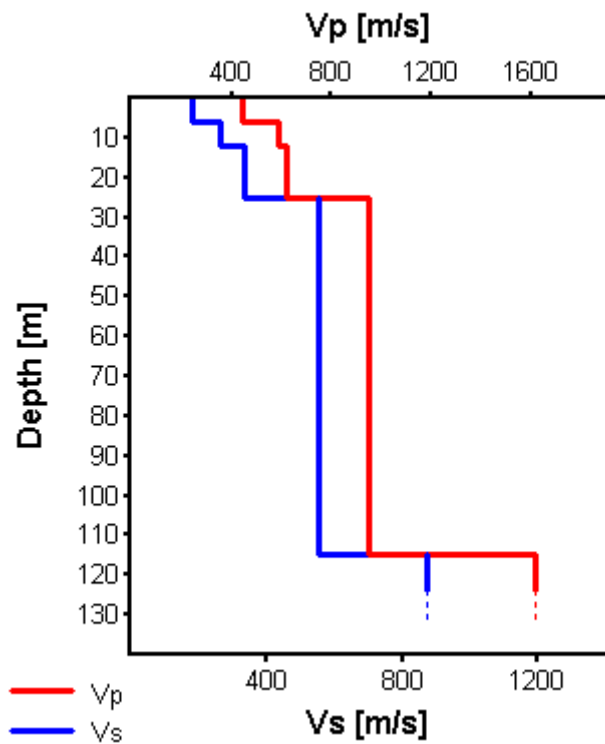


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	9 valid windows (length > 2.88 s) out of 9	OK
$n_c(f_0) > 200$	1249.56 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	2.67411 Hz	OK
$\exists f^* \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	4.85398 Hz	OK
$A_0 > 2$	1.83 <= 2	NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.66% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.14237 < 0.17355	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.34217 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
6	6	441	180	1400
6	12	591	260	1500
13	25	617	330	1600
90	115	953	550	1700
-	> 115	1617	870	1900



Vs 30 = 286 m/s (Offset = 0 m)

STATION INFORMATION

Station code: HVSR

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV2 CAVALCANTI

Address: VIA TOLEDO NAPOLI

Latitude: 40.843484°

Longitude: 14.248925°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 29 m s.l.m.

Weather: SERENO

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2025/08/27 08:03:40

Recording length: 15 min

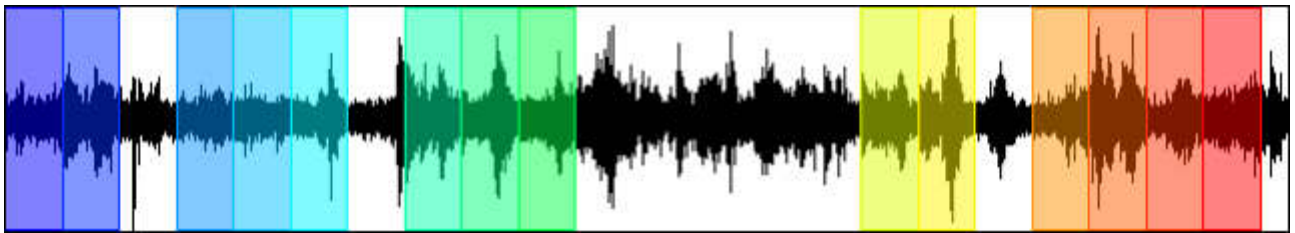
Windows count: 14

Average windows length: 40

Signal coverage: 62.22%

176167 Counts

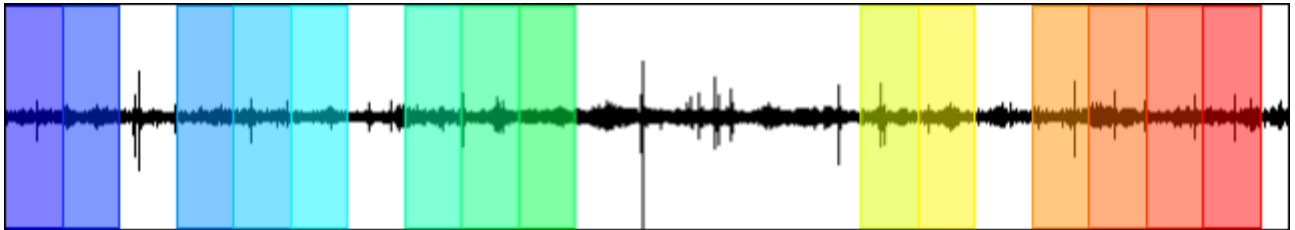
CHANNEL #1 [UD]



-188412 Counts

179211 Counts

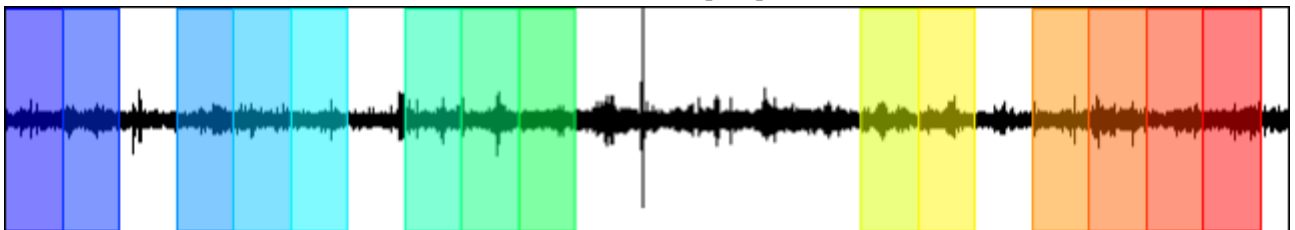
CHANNEL #2 [NS]



-358748 Counts

291595 Counts

CHANNEL #3 [EW]



-231684 Counts

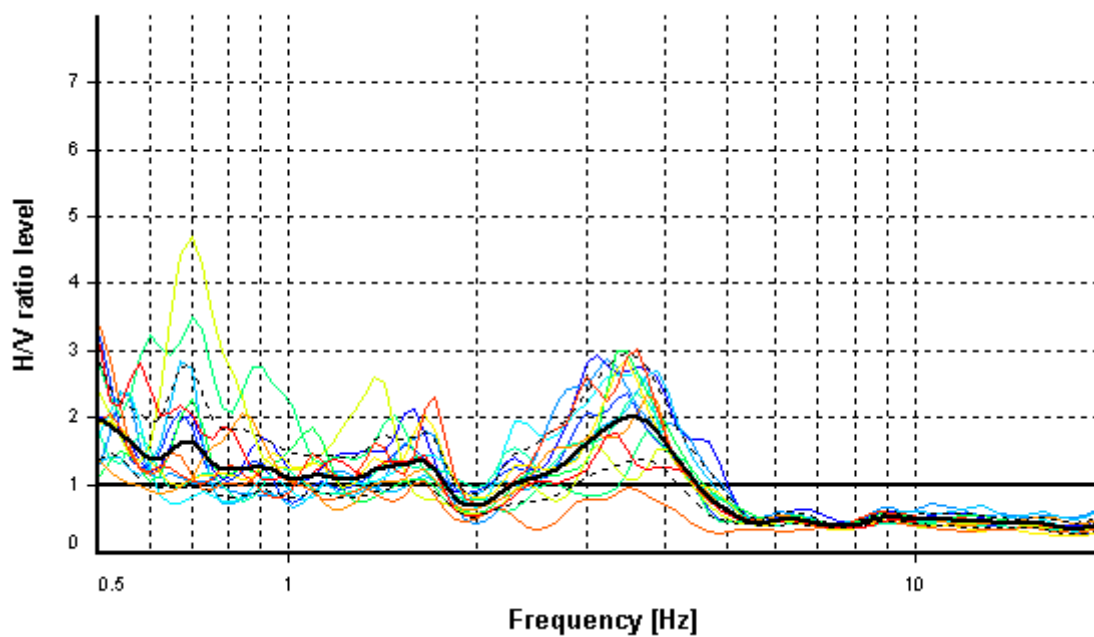
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

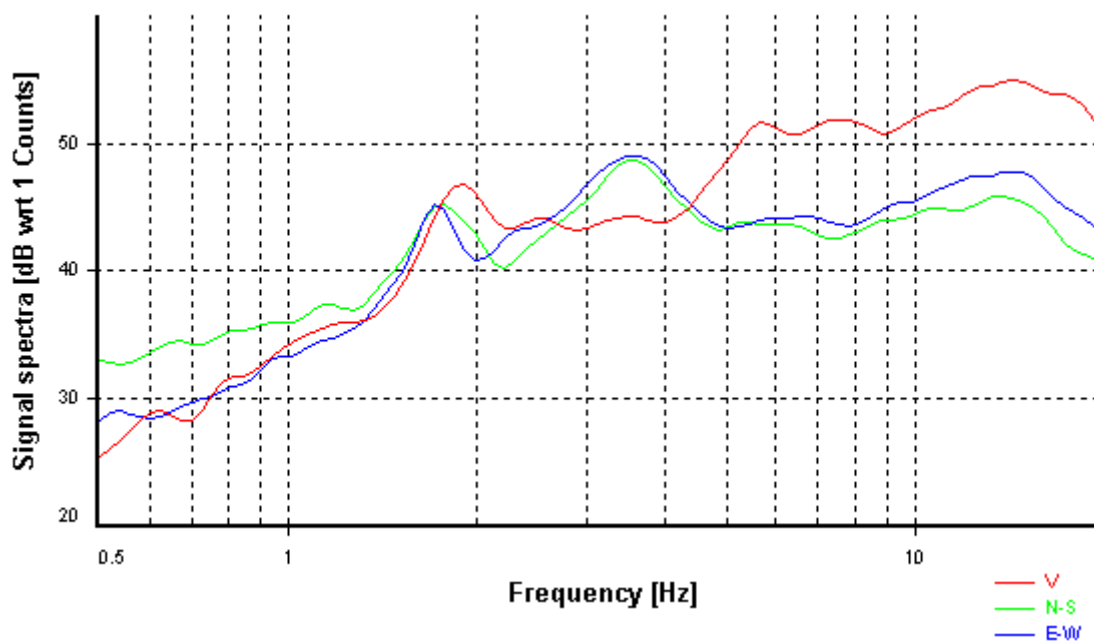
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

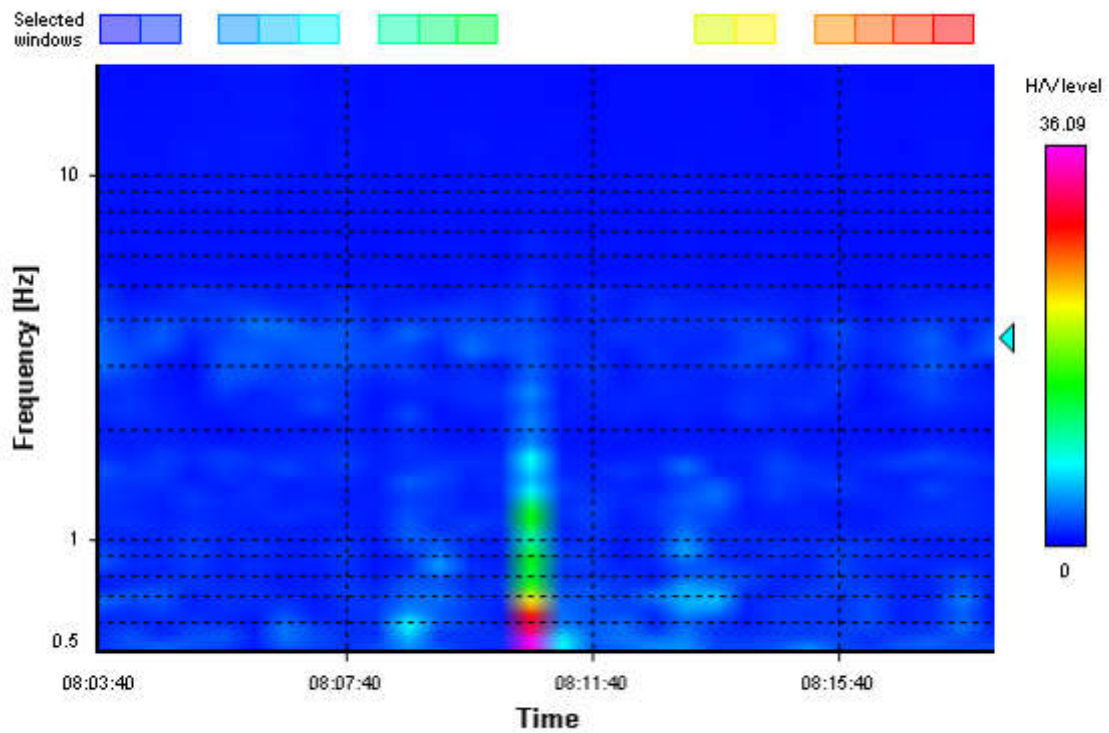
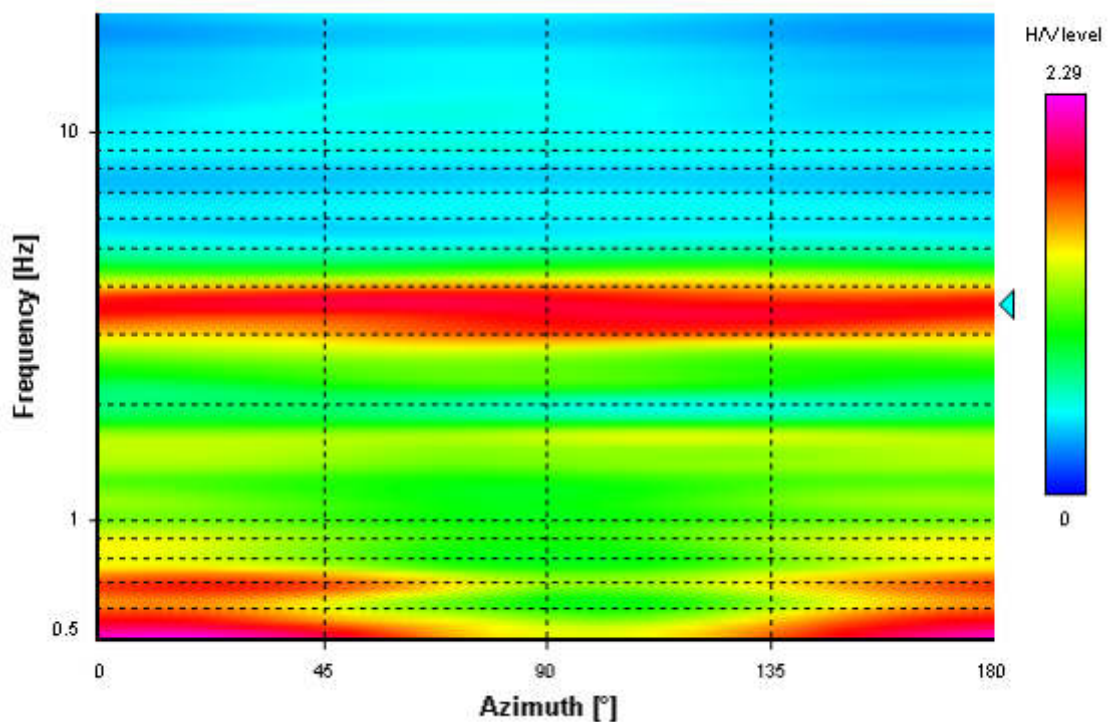
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)**HVSR directional analysis**

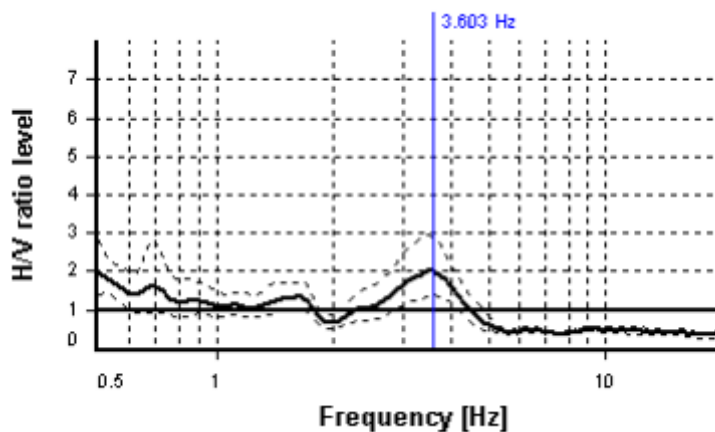
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

3.603 Hz

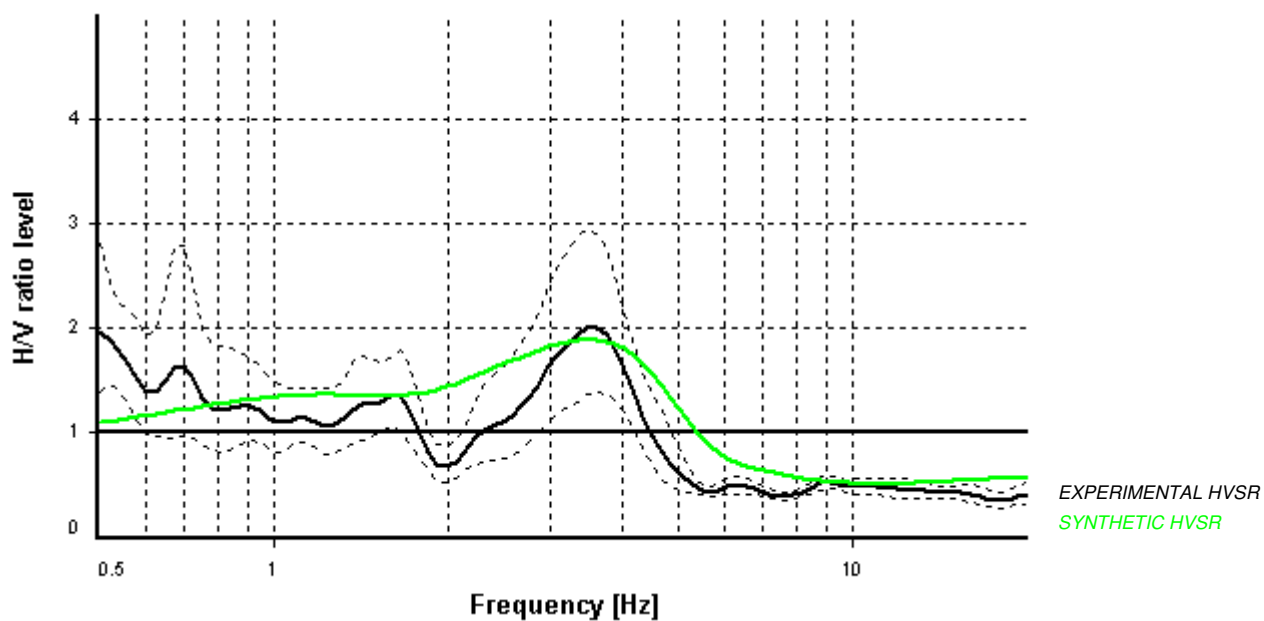
A_0 amplitude = 2.006

Average $f_0 = 3.479 \pm 0.237$

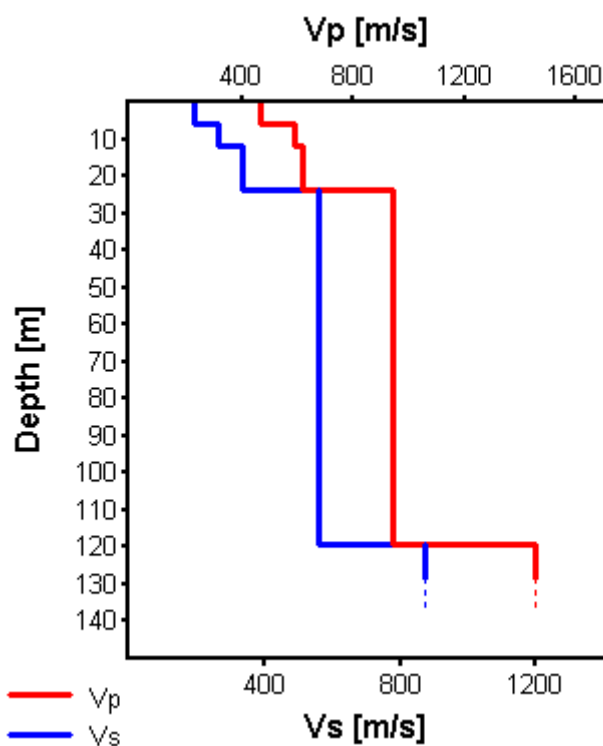


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	14 valid windows (length > 2.78 s) out of 14	OK
$n_c(f_0) > 200$	2017.56 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	2.21956 Hz	OK
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	4.5054 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.01 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.66% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.23664 >= 0.18014	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.4483 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
6	6	465	190	1400
6	12	591	260	1500
12	24	617	330	1600
95	119	946	560	1700
-	> 119	1452	870	1900



Vs 30 = 295 m/s (Offset = 0 m)

STATION INFORMATION

Station code: HVSR

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV3 CAVALCANTI

Address: VICO LUNGO DEL GELSO NAPOLI

Latitude: 40.843625°

Longitude: 14.2489366°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 34 m s.l.m.

Weather: SERENO

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2025/08/27 8:27:38

Recording length: 15 min

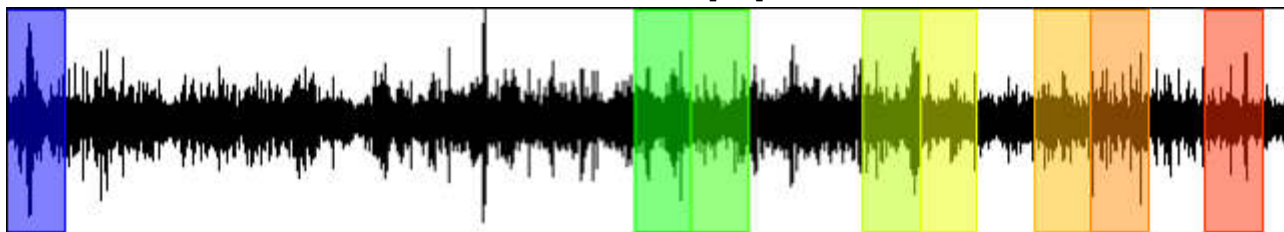
Windows count: 8

Average windows length: 40

Signal coverage: 35.56%

196588 Counts

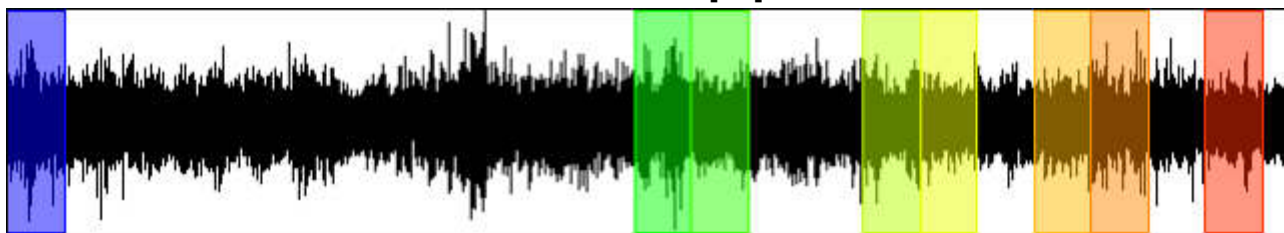
CHANNEL #1 [UD]



-179676 Counts

90848 Counts

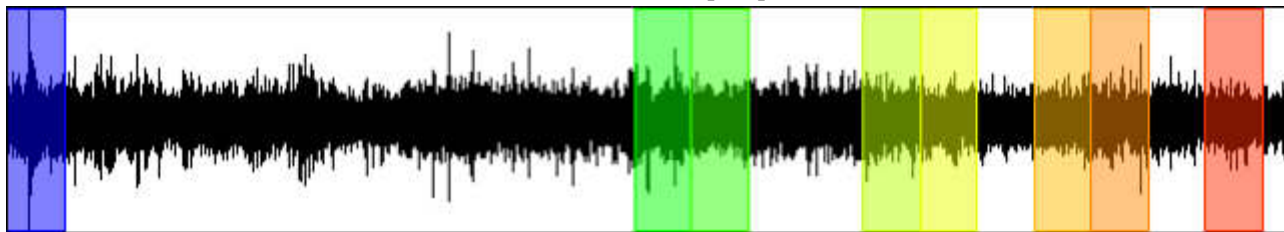
CHANNEL #2 [NS]



-88209 Counts

120165 Counts

CHANNEL #3 [EW]



-121563 Counts

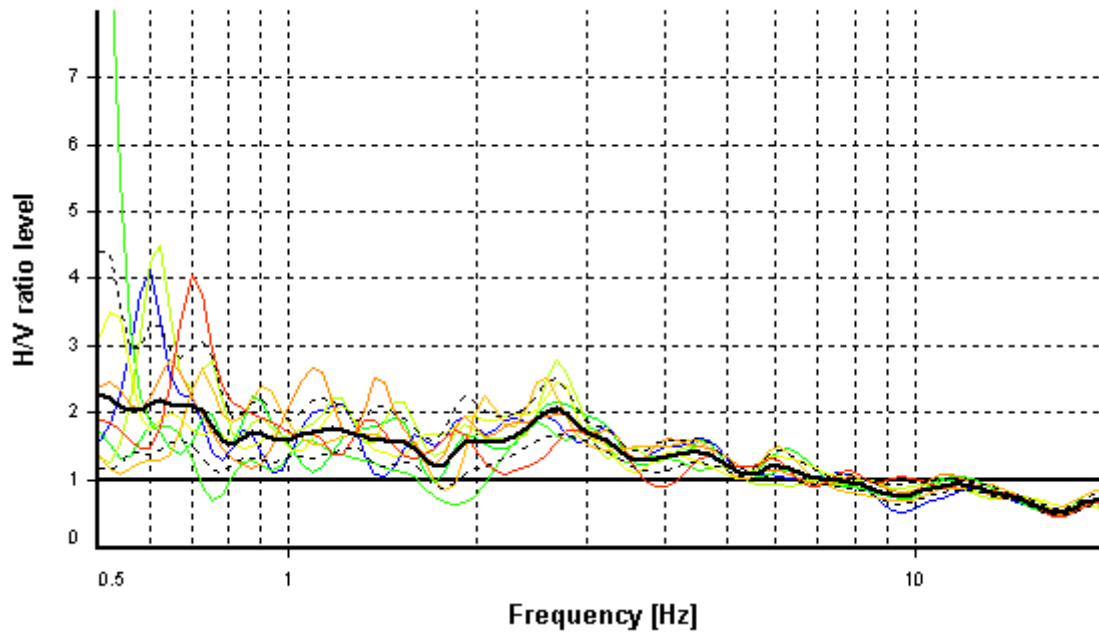
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

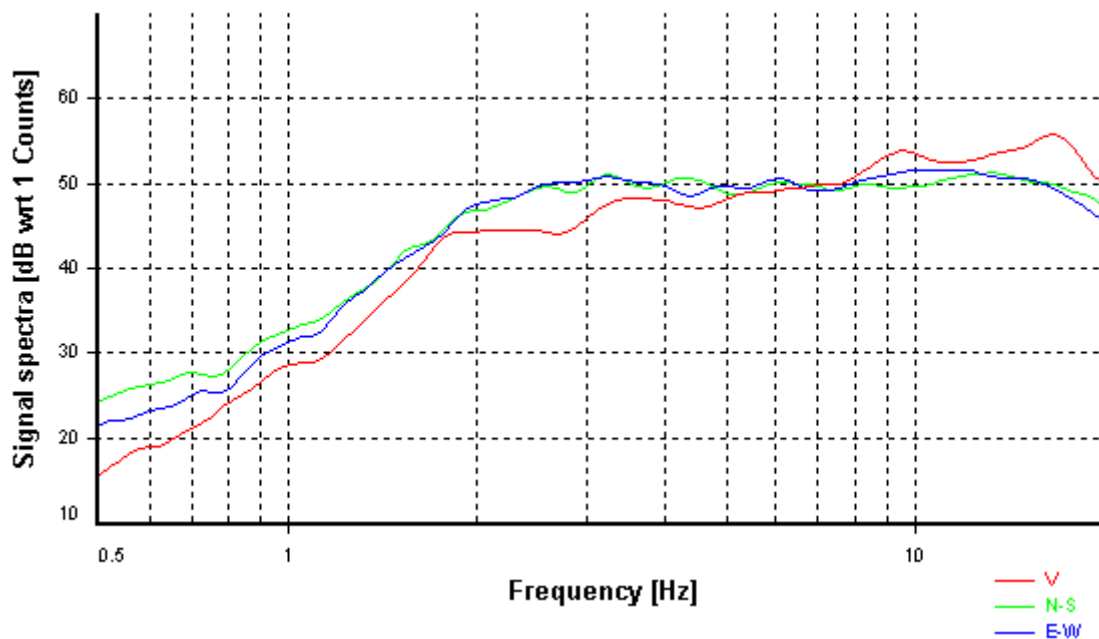
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

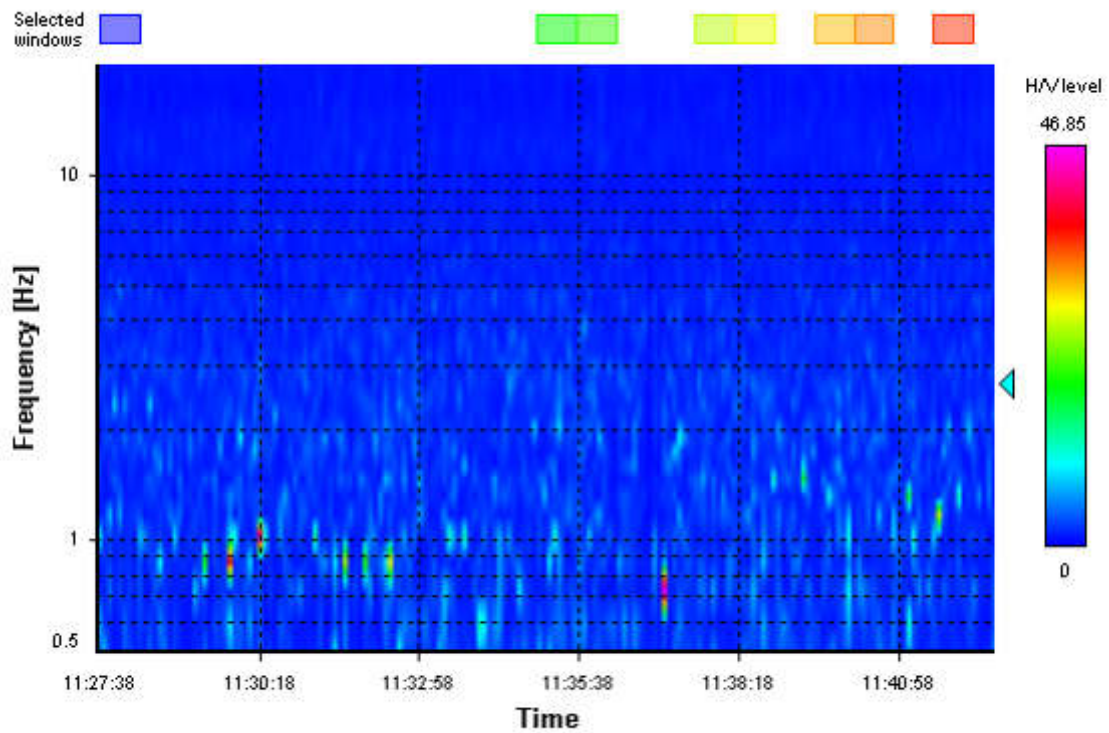
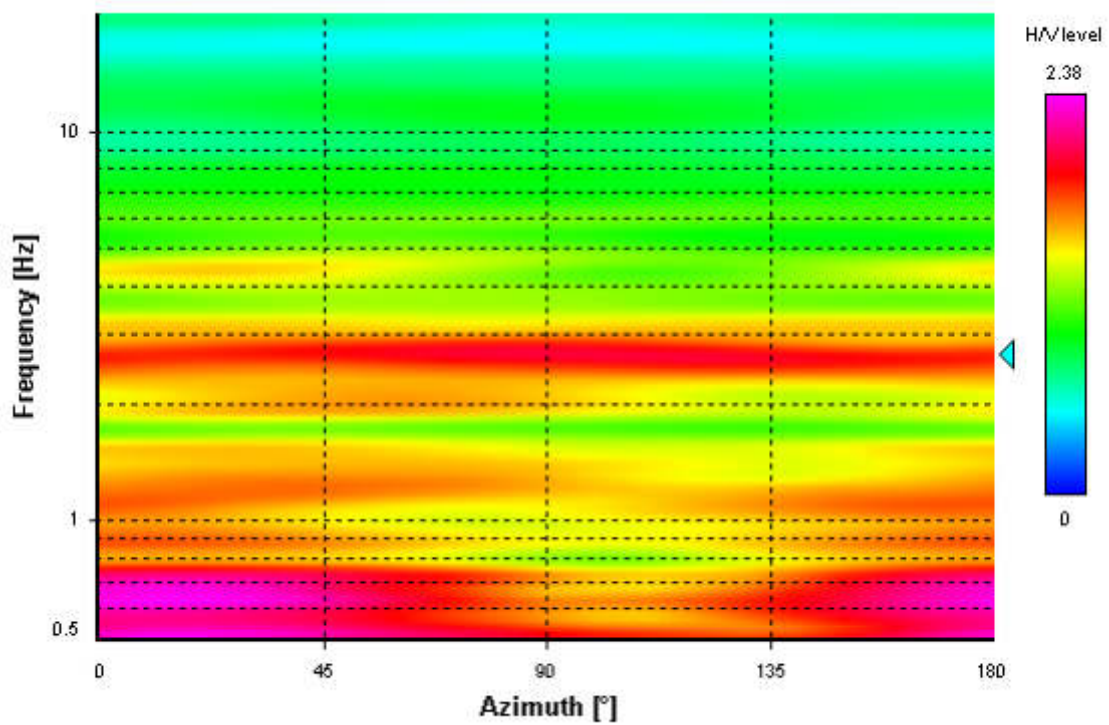
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (5 seconds windows)**HVSR directional analysis**

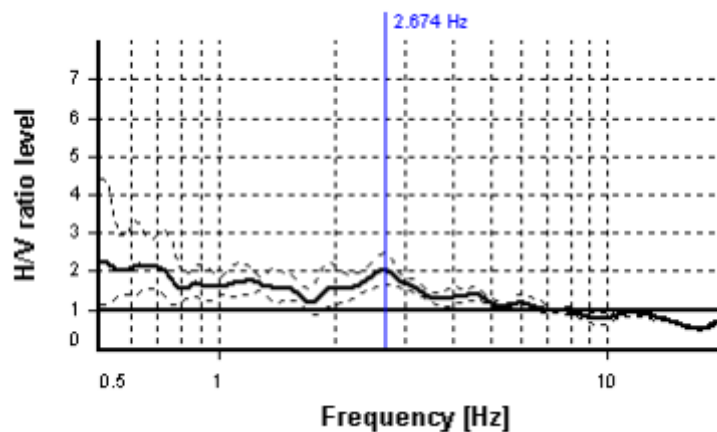
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.674 Hz

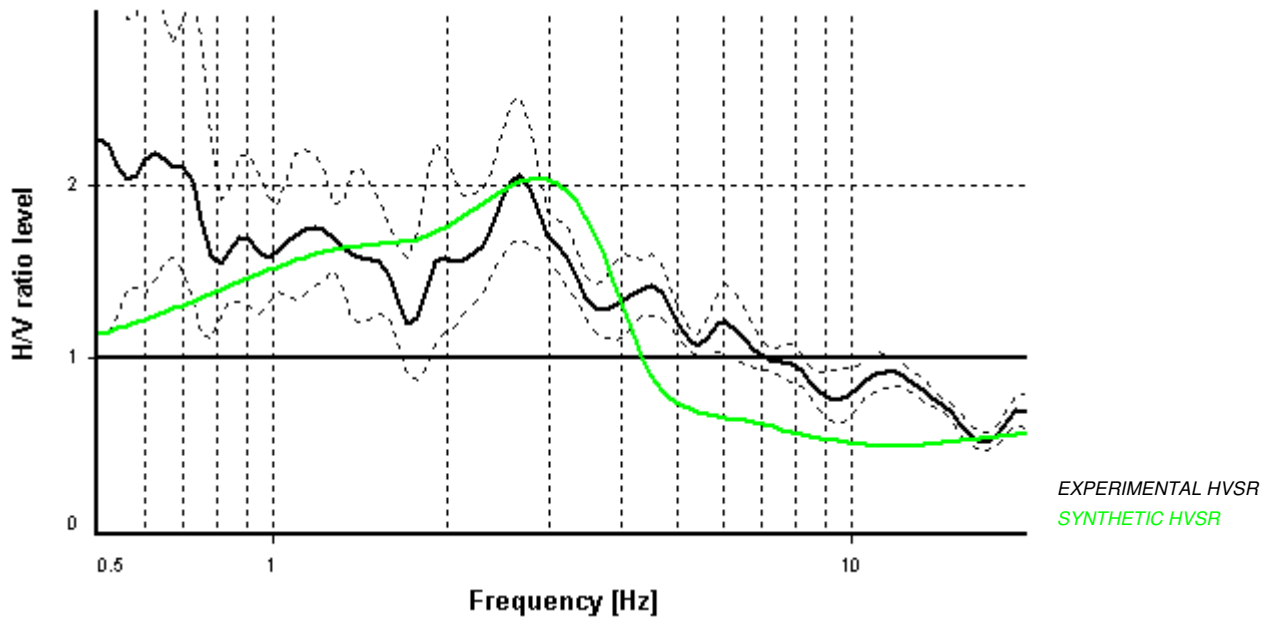
A_0 amplitude = 2.056

Average f_0 = 2.664 ± 0.124

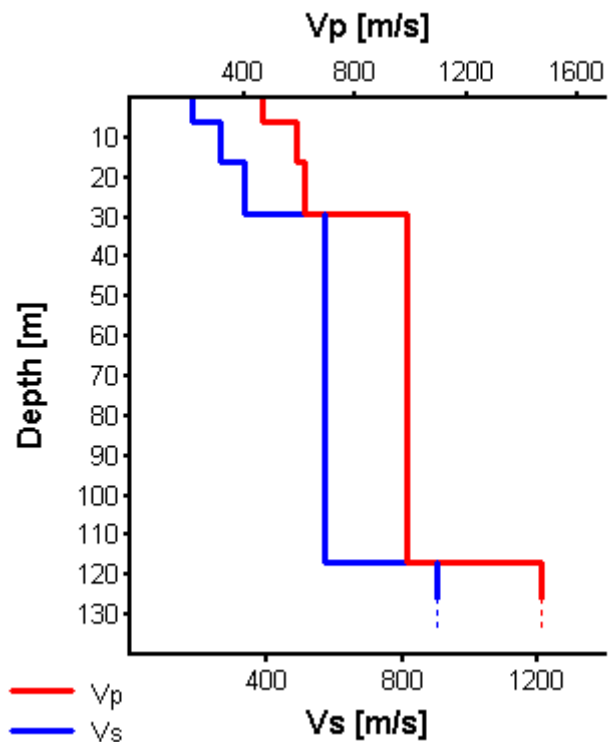


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	8 valid windows (length > 3.74 s) out of 8	OK
$n_c(f_0) > 200$	855.71 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^* \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	7.04567 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.06 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.12441 < 0.13371	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.21893 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
6	6	465	180	1400
10	16	591	260	1500
13	29	617	330	1600
88	117	987	570	1700
-	> 117	1470	900	1900



Vs 30 = 266 m/s (Offset = 0 m)

STATION INFORMATION

Station code: HVSR

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV4 CAVALCANTI

Address: VICO LUNGO DEL GELSO NAPOLI

Latitude: 40.843165°

Longitude: 14.248347°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 36 m s.l.m.

Weather: SERENO

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2025/08/31 10:17:45

Recording length: 15 min

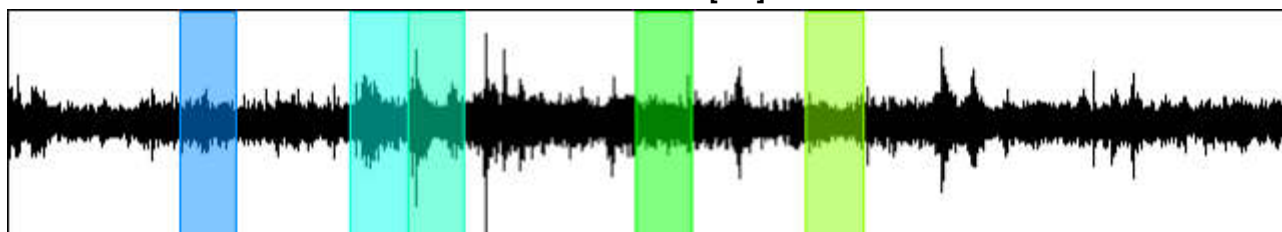
Windows count: 5

Average windows length: 40

Signal coverage: 22.22%

380227 Counts

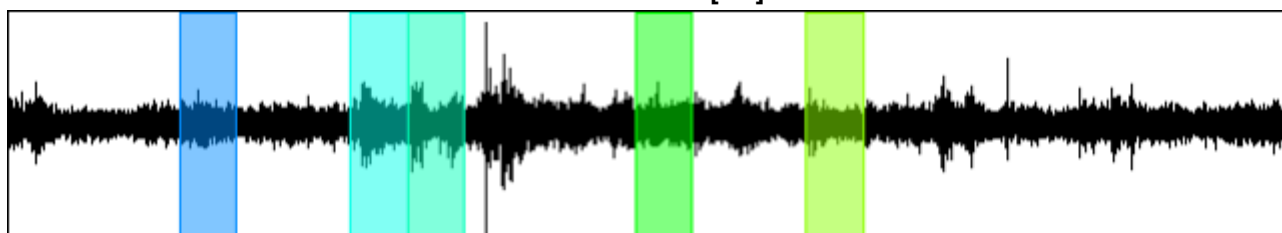
CHANNEL #1 [UD]



-472191 Counts

541659 Counts

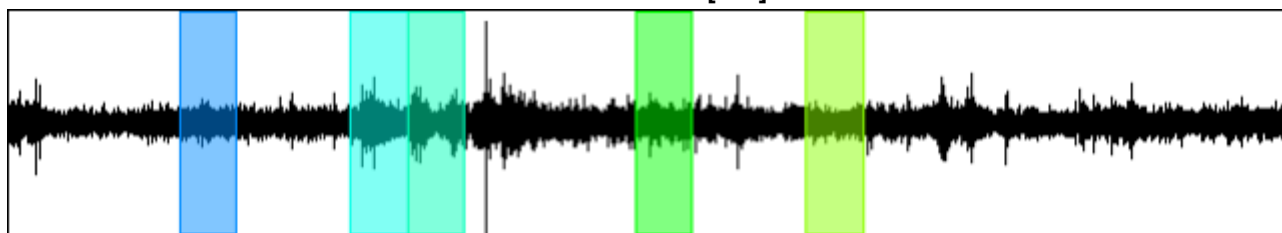
CHANNEL #2 [NS]



-595765 Counts

716478 Counts

CHANNEL #3 [EW]



-786962 Counts

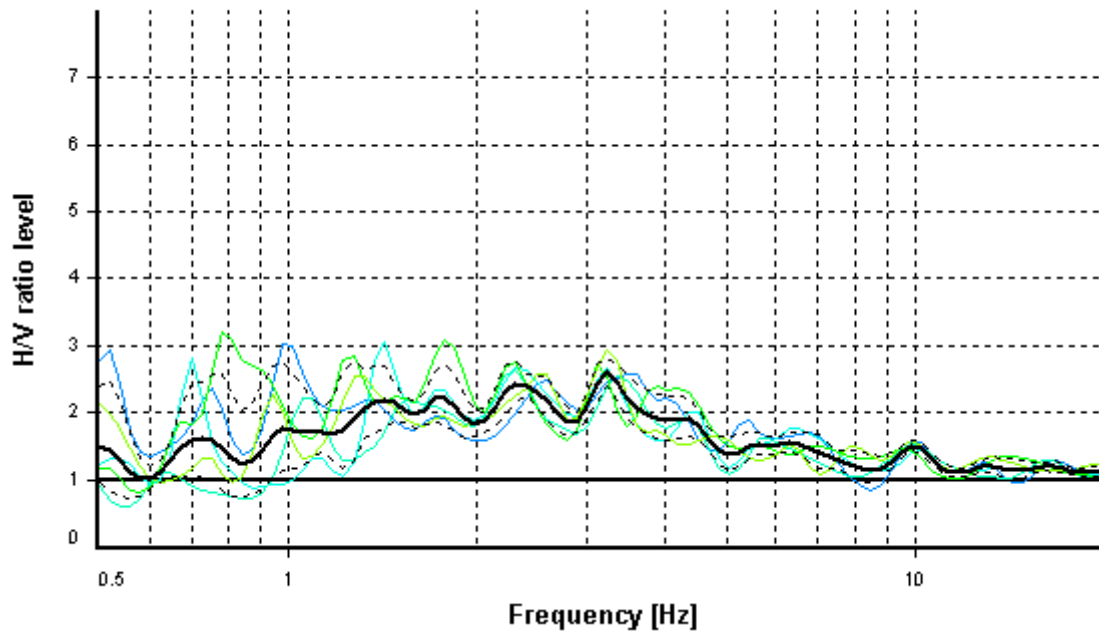
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

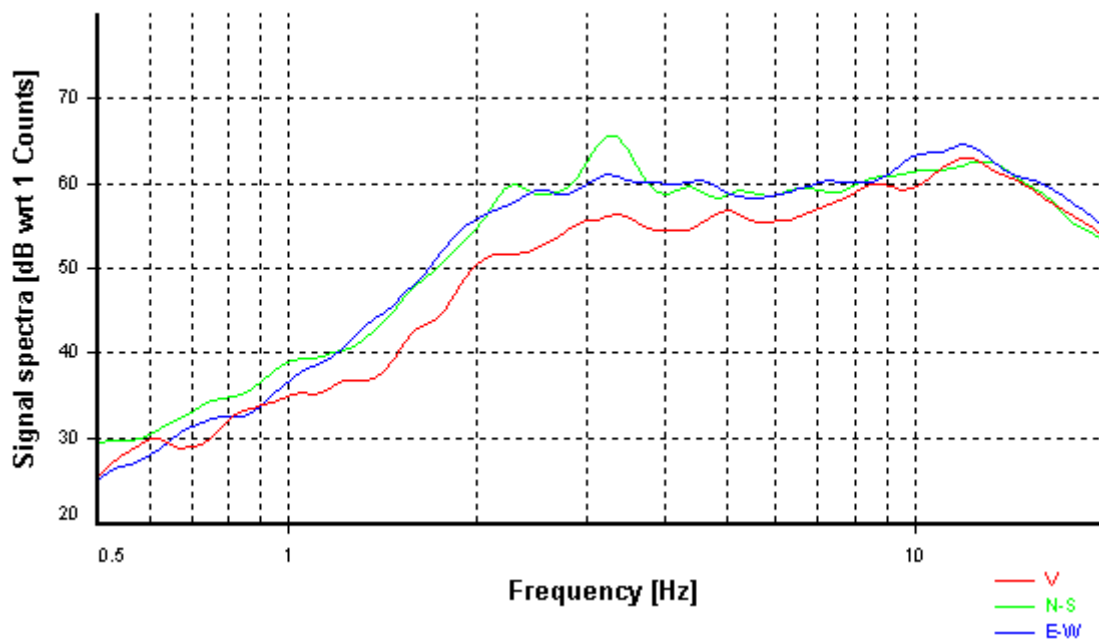
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

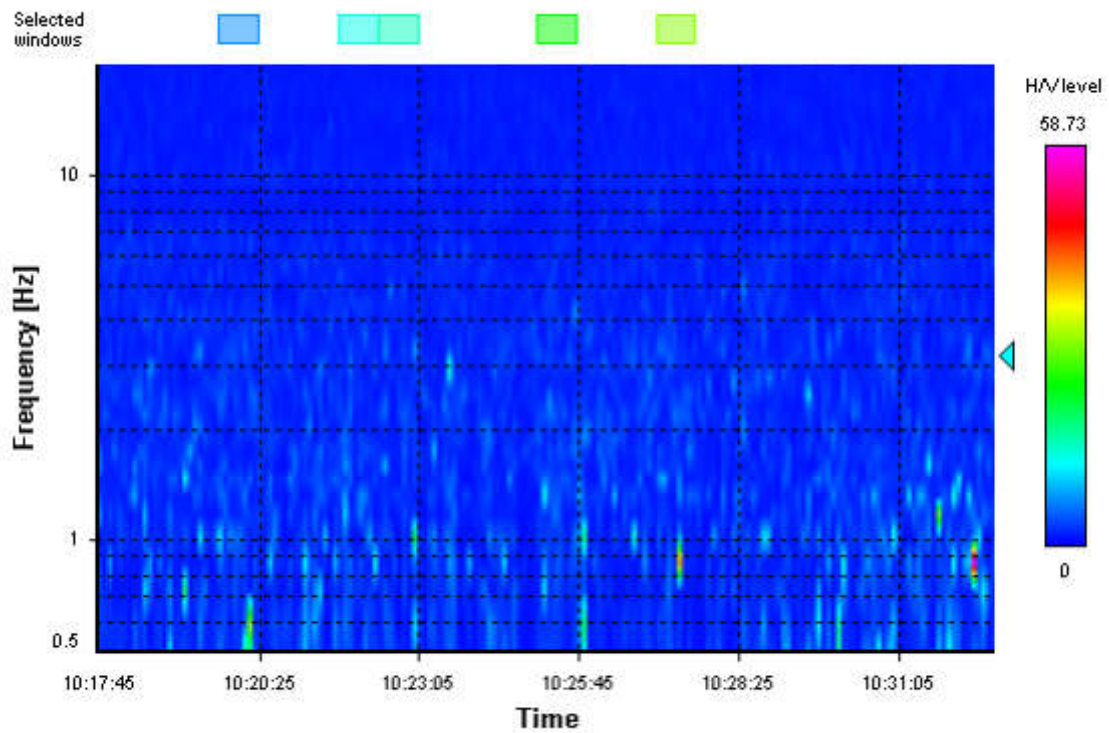
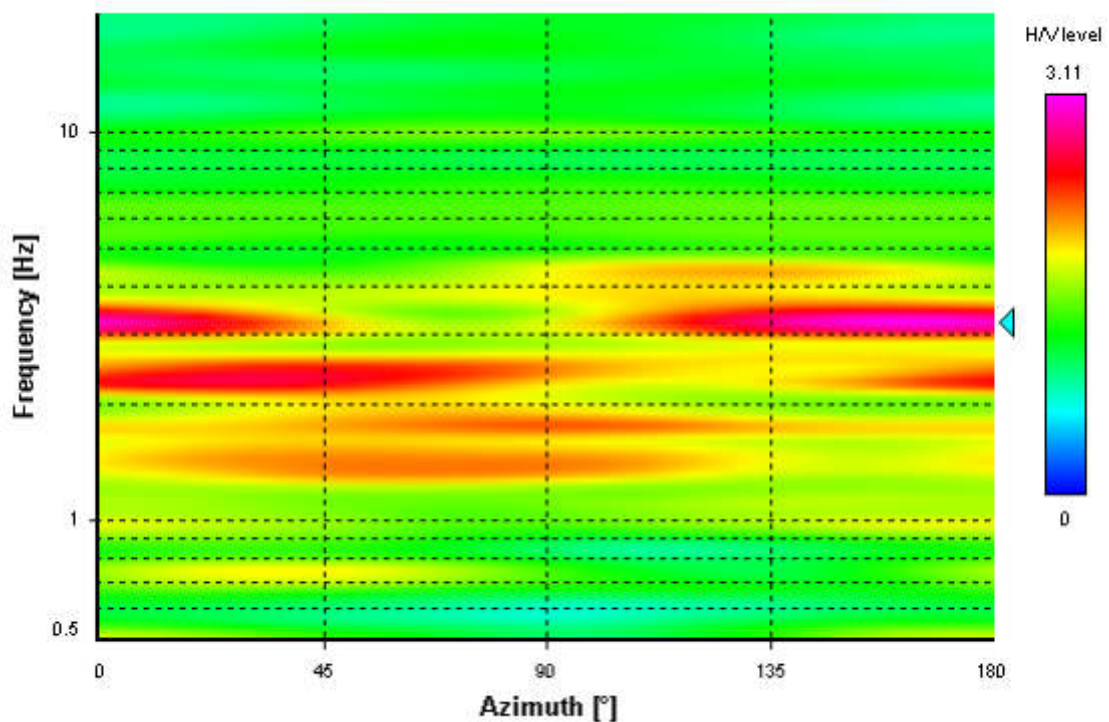
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (5 seconds windows)**HVSR directional analysis**

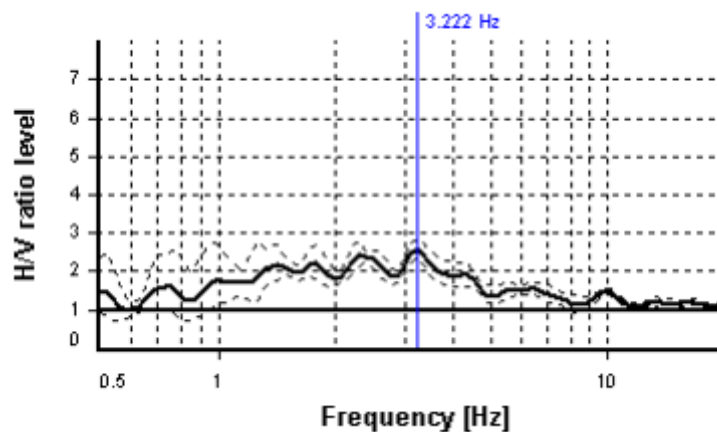
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

3.222 Hz

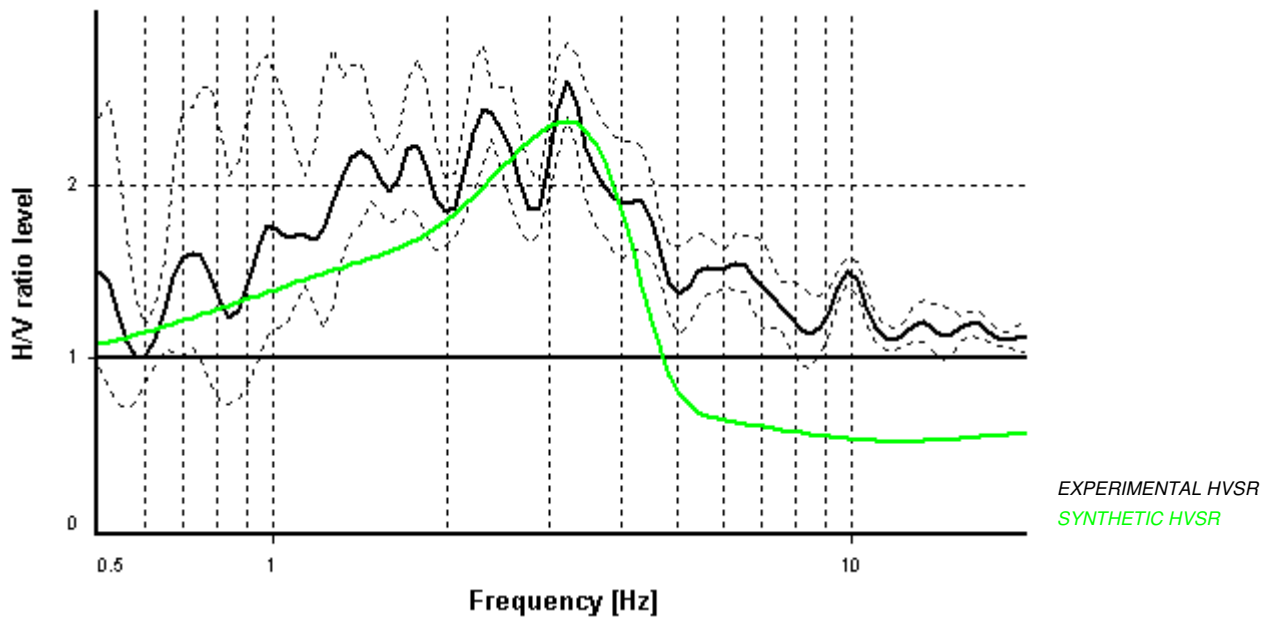
A_0 amplitude = 2.593

Average $f_0 = 2.931 \pm 0.593$

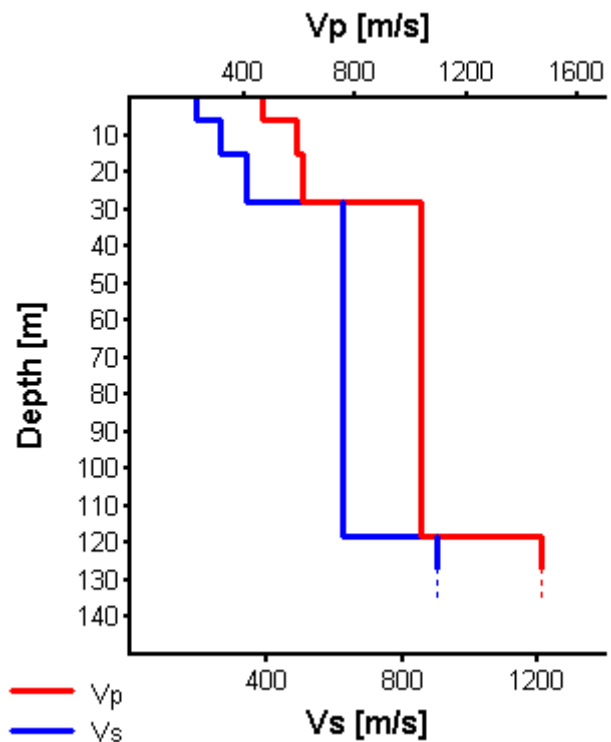


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	5 valid windows (length > 3.1 s) out of 5	OK
$n_c(f_0) > 200$	644.35 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.87439 Hz	OK
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	7.59079 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.59 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.5931 >= 0.16109	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.08678 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
6	6	465	190	1400
9	15	591	260	1500
13	28	615	340	1600
90	118	1035	620	1700
-	> 118	1470	900	1900



Vs 30 = 279 m/s (Offset = 0 m)

STATION INFORMATION

Station code: HVSR

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV1 GARITONE

Address: VIA MIANO - DEPOSITO ANM GARITONE NAPOLI

Latitude: 40.875024°

Longitude: 14.248439°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 147 m s.l.m.

Weather: SERENO

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2021/06/04 08:00:35

Recording length: 20 min

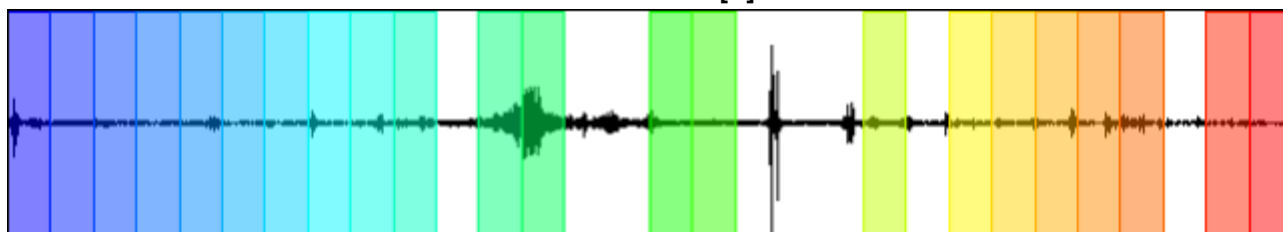
Windows count: 22

Average windows length: 40

Signal coverage: 73.33%

237694 Counts

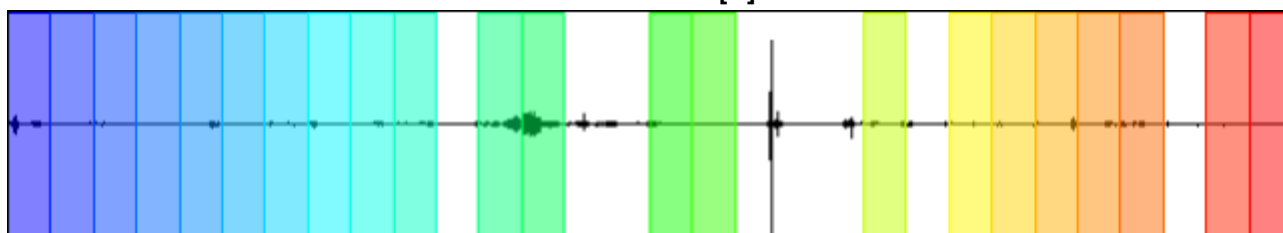
CHANNEL #1 [V]



-345675 Counts

805754 Counts

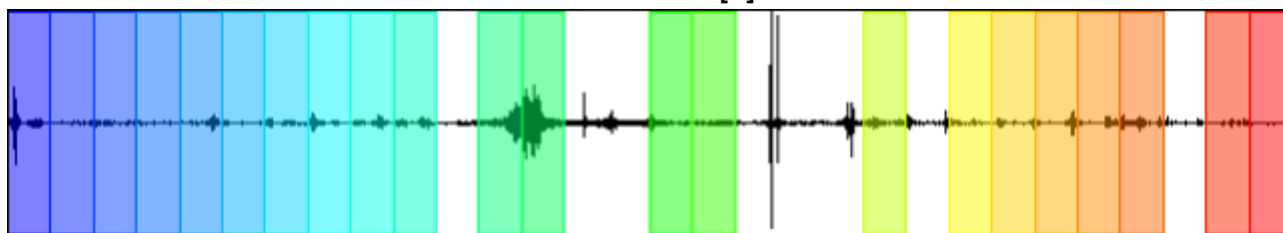
CHANNEL #2 [N]



-1070523 Counts

433300 Counts

CHANNEL #3 [E]



-409939 Counts

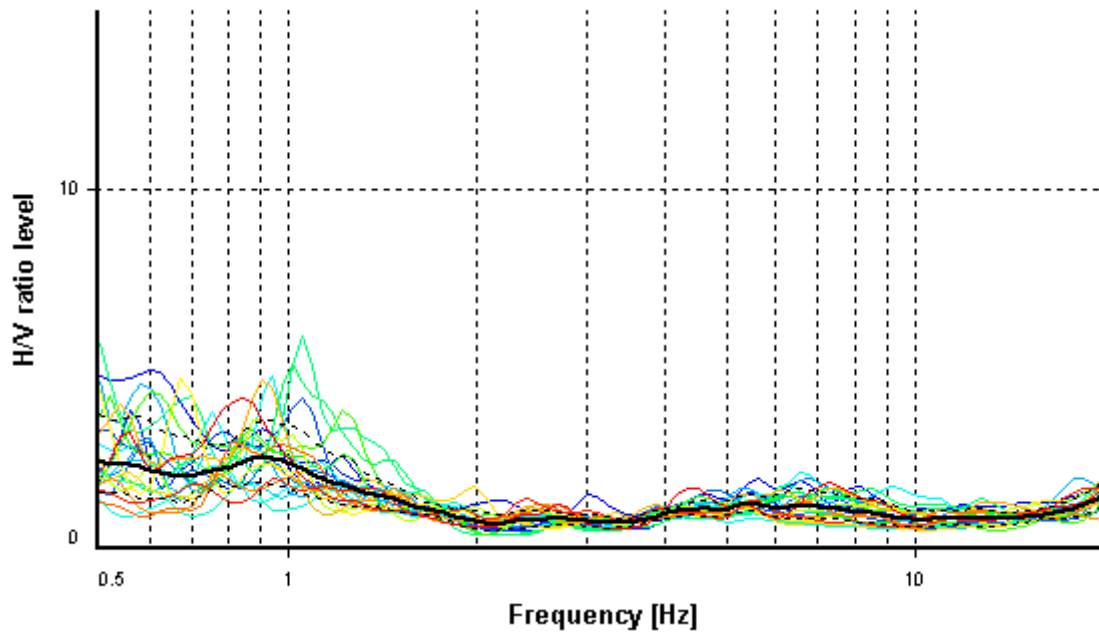
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

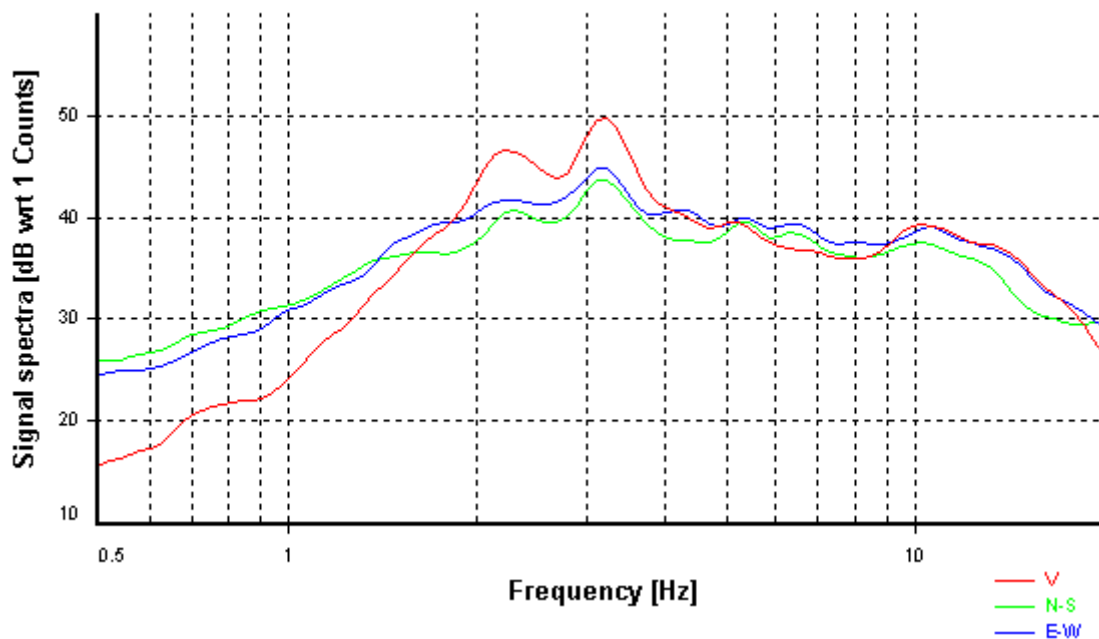
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

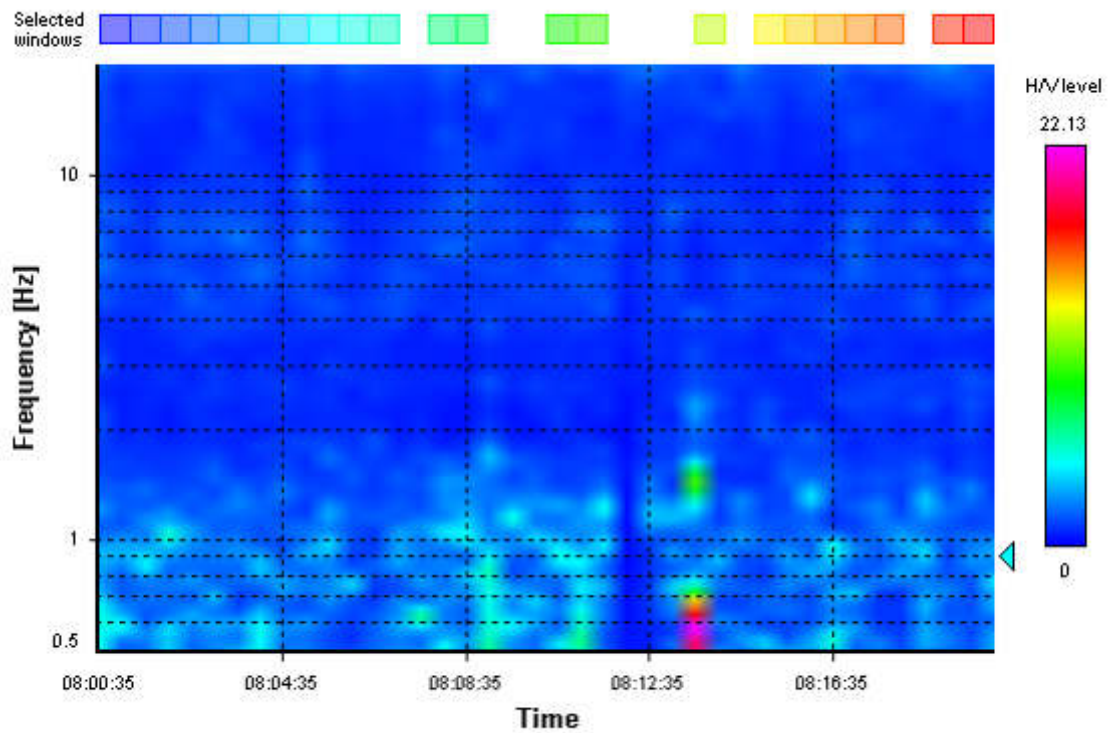
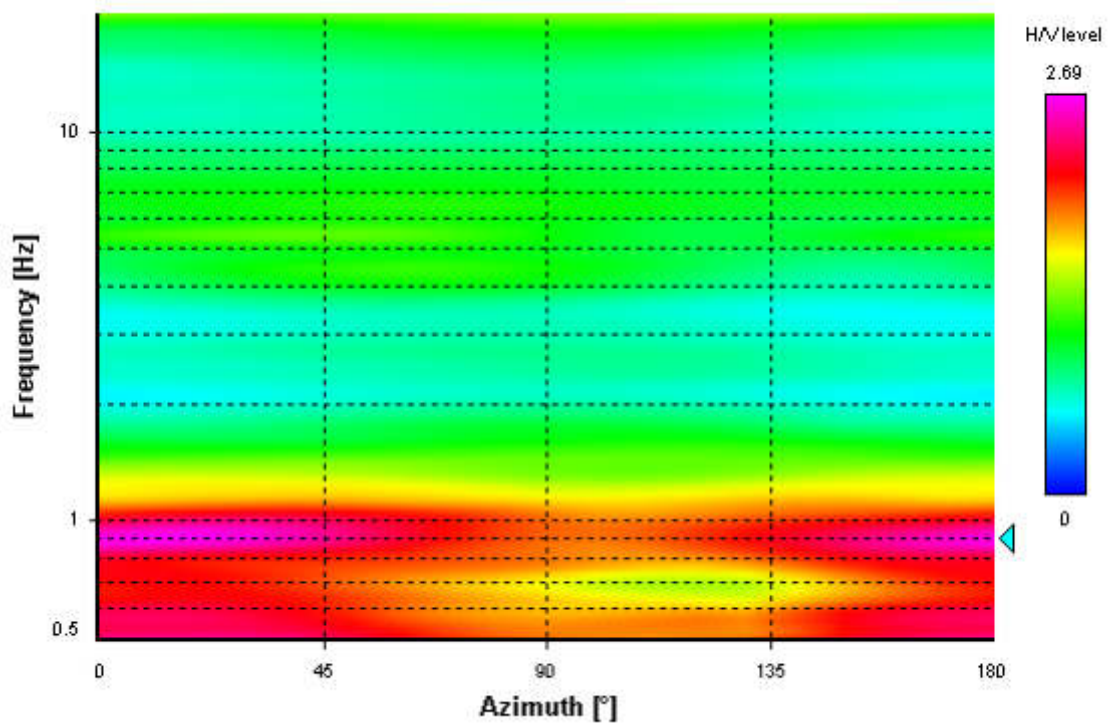
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)**HVSR directional analysis**

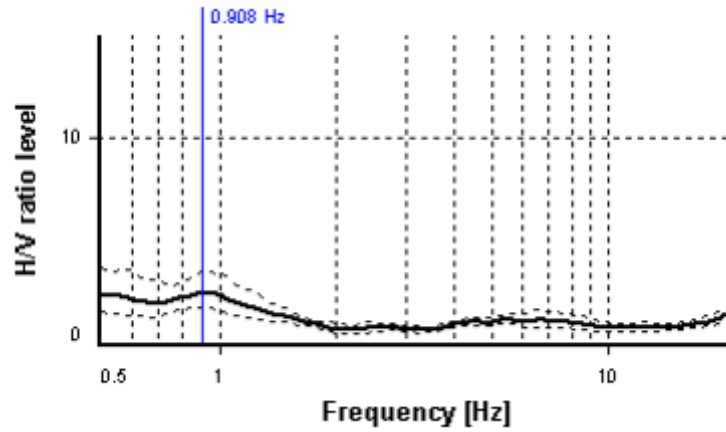
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

0.908 Hz

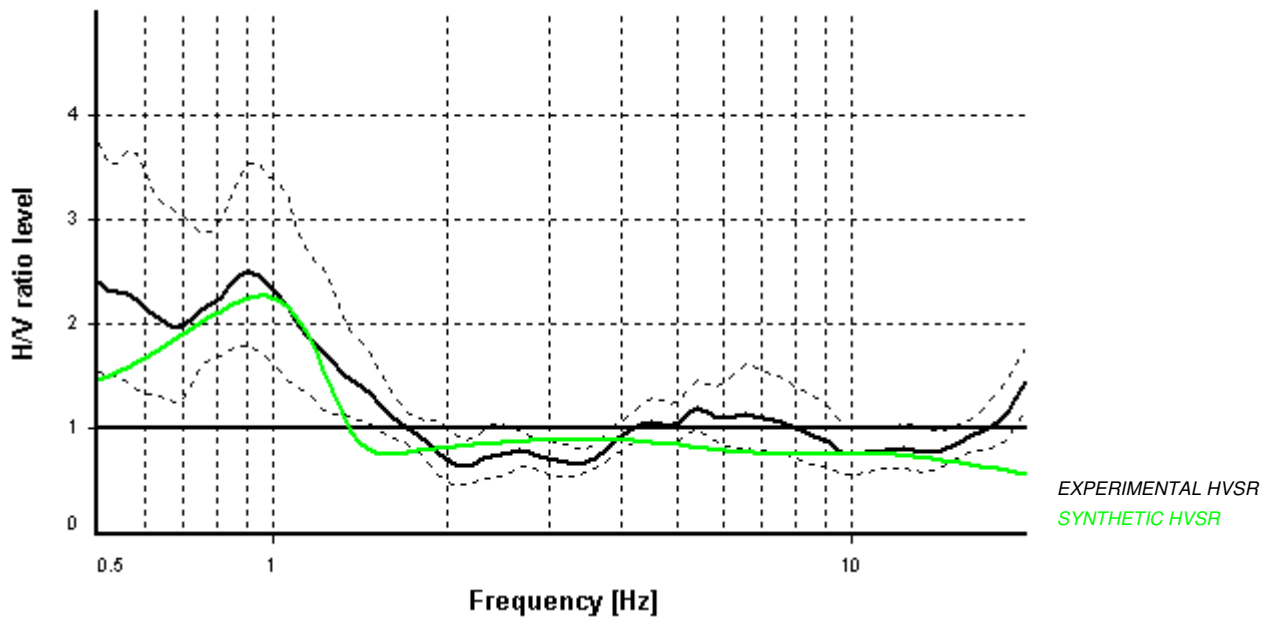
A_0 amplitude = 2.509

Average $f_0 = 0.827 \pm 0.136$

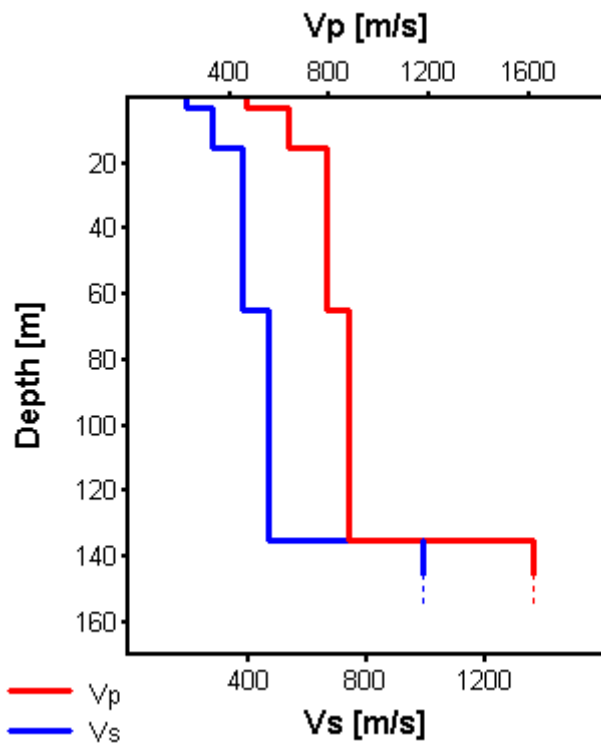


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	22 valid windows (length > 11.02 s) out of 22	OK
$n_c(f_0) > 200$	798.68 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 35	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.52912 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.51 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.66% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.13597 < 0.13614	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.40814 < 2	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
3	3	465	190	1.35
12	15	636	280	1.4
50	65	791	380	1.5
70	135	879	470	1.6
-	> 135	1617	990	1.8



Vs 30 = 306 m/s (Offset = 0 m)

STATION INFORMATION

Station code: HVSR

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV2 GARITONE

Address: VIA MIANO - DEPOSITO ANM GARITONE NAPOLI

Latitude: 40.875479°

Longitude: 14.247862°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 146 m s.l.m.

Weather: SERENO

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2021/06/05 07:58:21

Recording length: 20 min

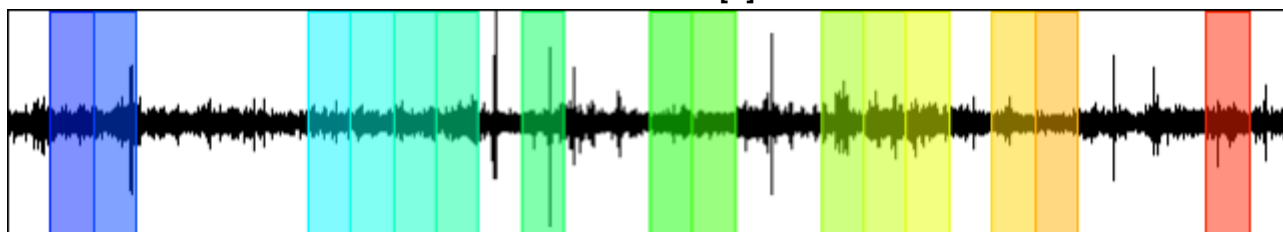
Windows count: 15

Average windows length: 40

Signal coverage: 50%

81780 Counts

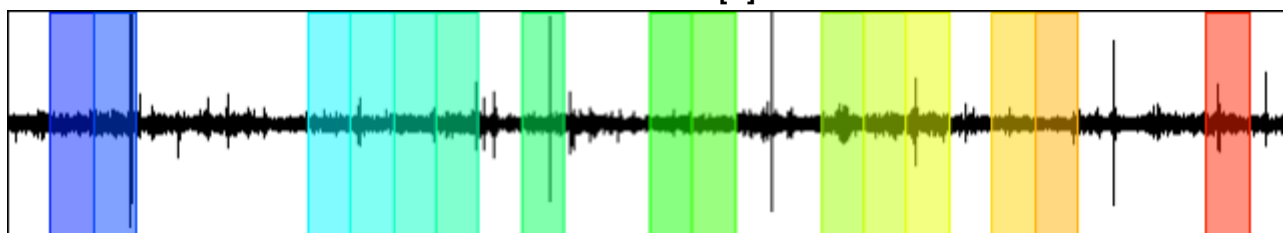
CHANNEL #1 [V]



-75343 Counts

58775 Counts

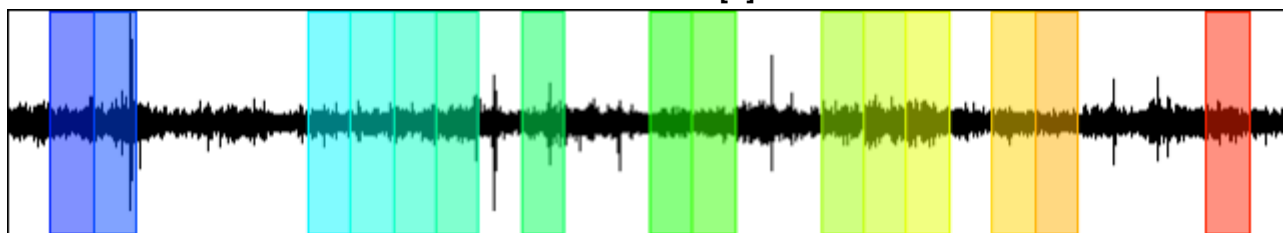
CHANNEL #2 [N]



-54969 Counts

38063 Counts

CHANNEL #3 [E]



-30022 Counts

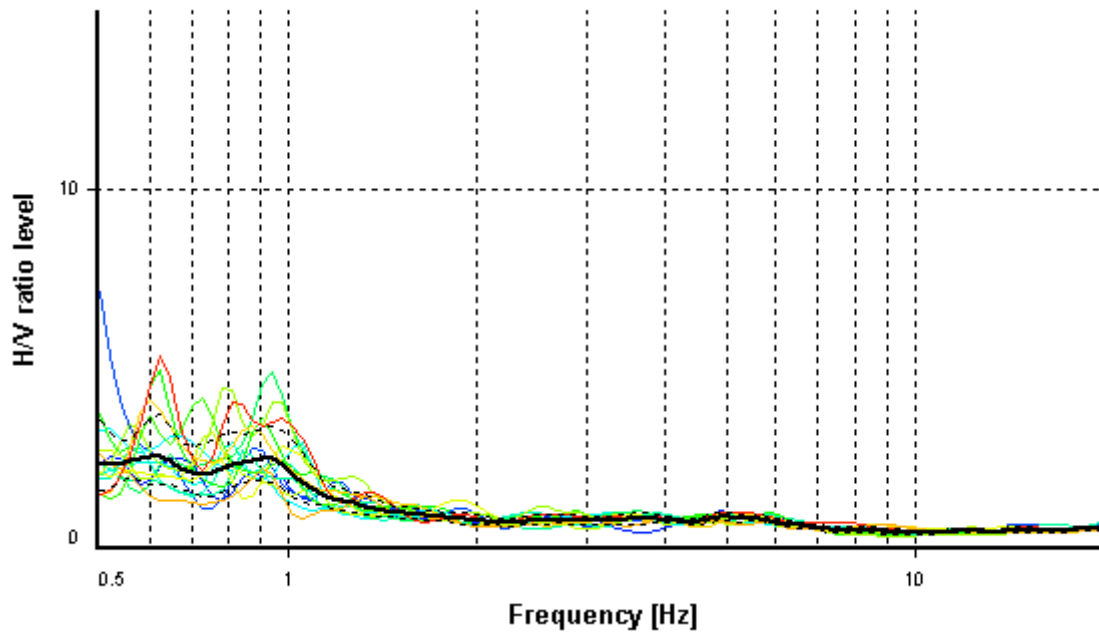
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

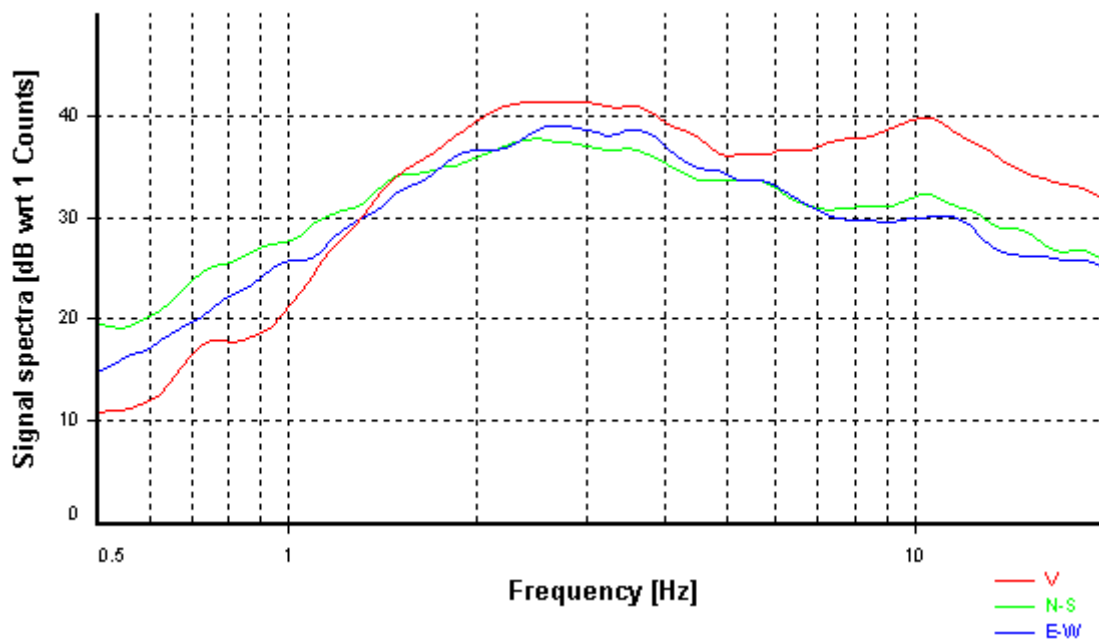
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

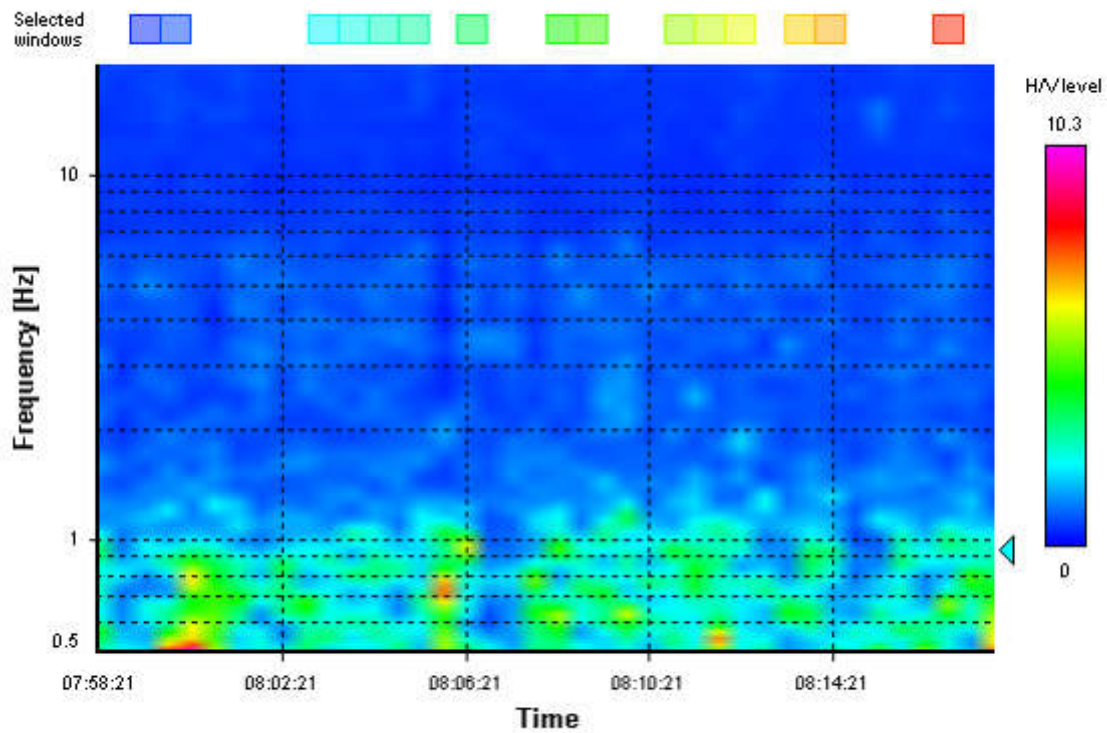
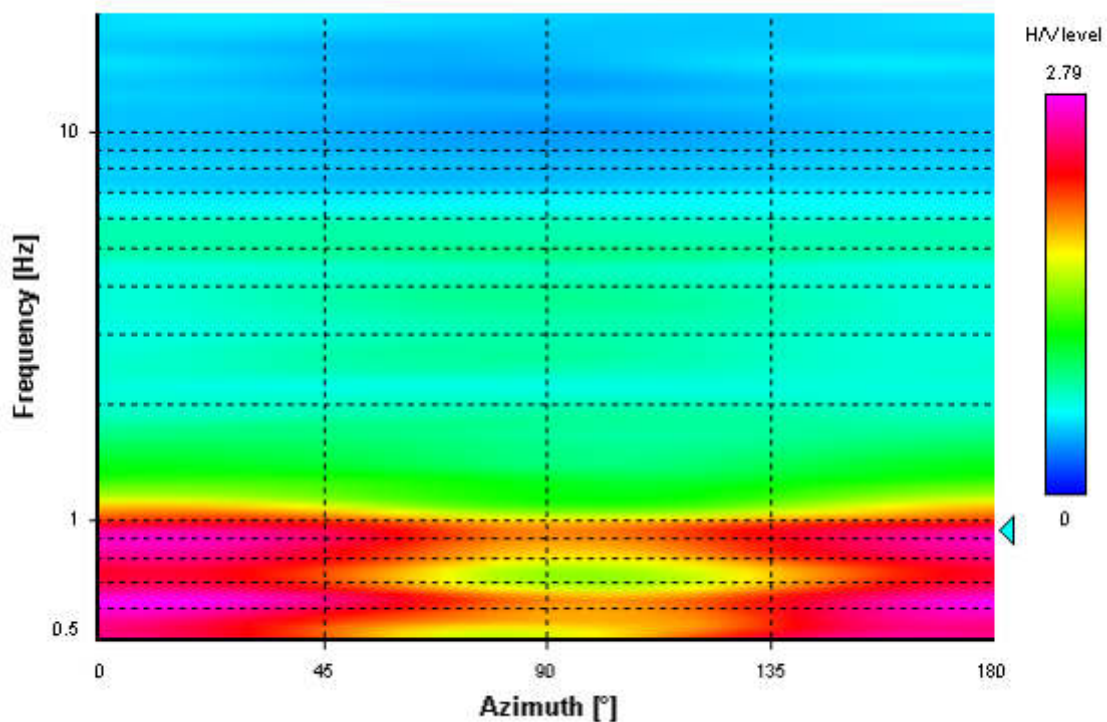
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)**HVSR directional analysis**

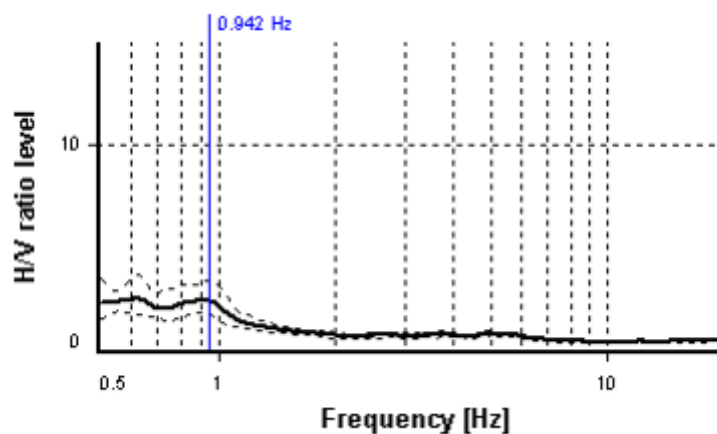
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

0.942 Hz

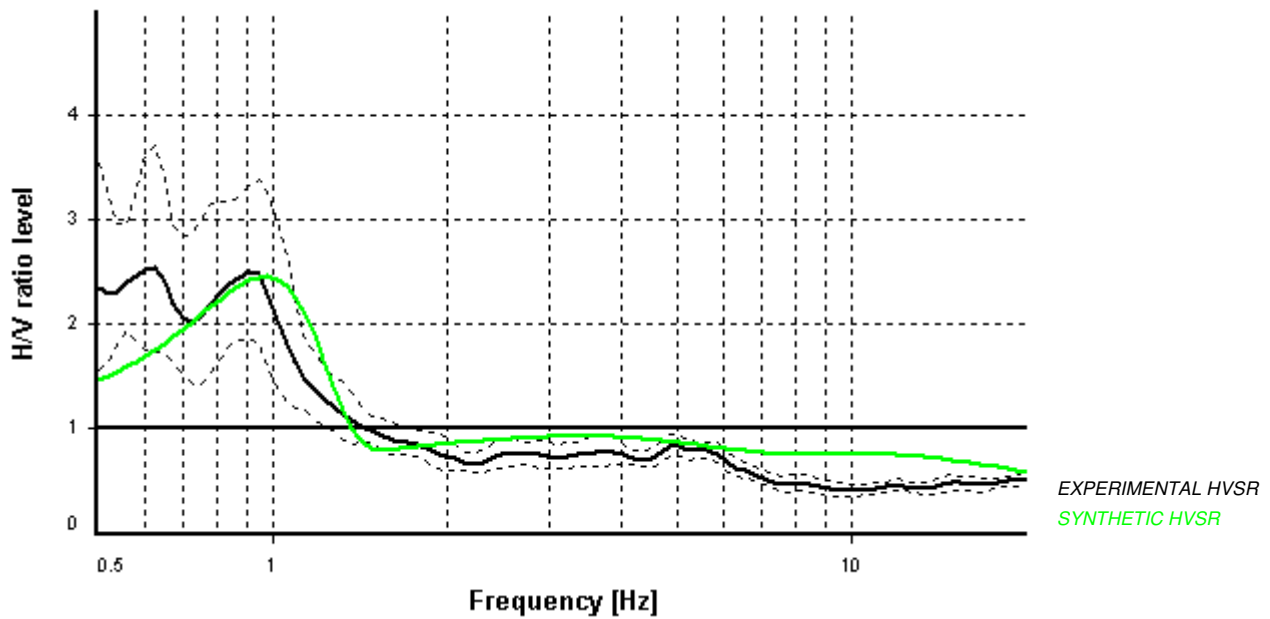
A_0 amplitude = 2.471

Average f_0 = 0.805 ± 0.114

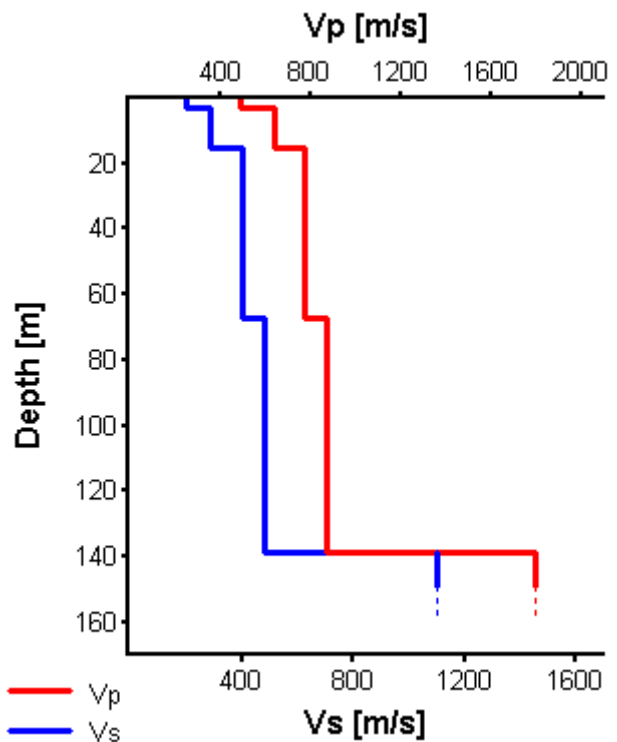


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	15 valid windows (length > 10.62 s) out of 15	OK
$n_c(f_0) > 200$	565.23 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 36	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.2692 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.47 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.66% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.11392 < 0.14131	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.37114 < 2	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
3	3	490	200	1.35
12	15	638	290	1.4
52	67	777	400	1.5
72	139	868	480	1.6
-	> 139	1796	1100	1.8



Vs 30 = 320 m/s (Offset = 0 m)

STATION INFORMATION

Station code: HVSR

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV3 GARITONE

Address: VIA MIANO - DEPOSITO ANM GARITONE NAPOLI

Latitude: 40.876546°

Longitude: 14.248376°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 143 m s.l.m.

Weather: SERENO

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2021/04/08 11:00:41

Recording length: 14.62 min

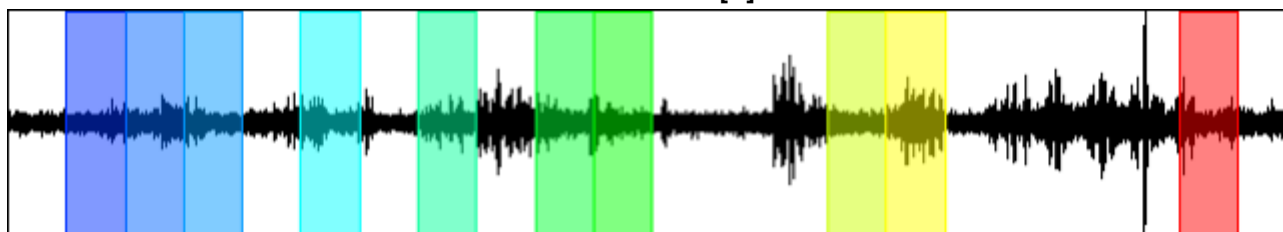
Windows count: 10

Average windows length: 40

Signal coverage: 45.61%

269787 Counts

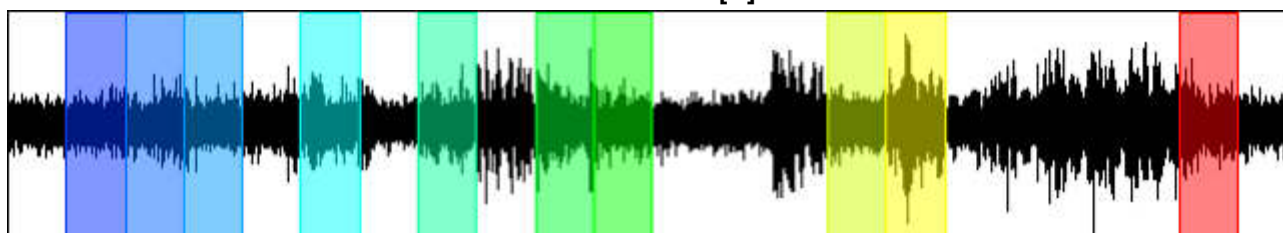
CHANNEL #1 [V]



-265667 Counts

103858 Counts

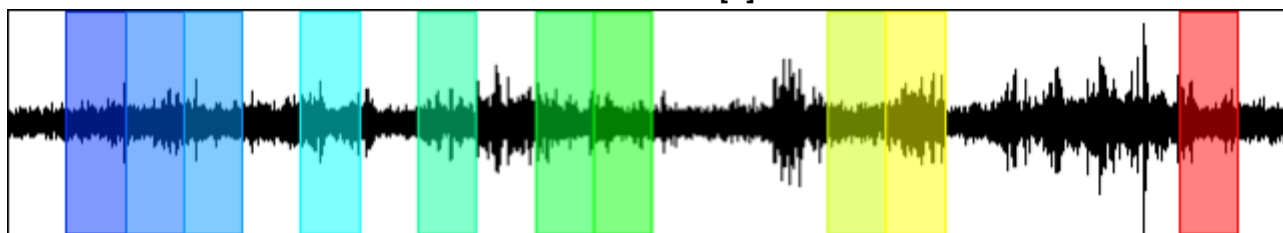
CHANNEL #2 [N]



-129316 Counts

222040 Counts

CHANNEL #3 [E]



-249012 Counts

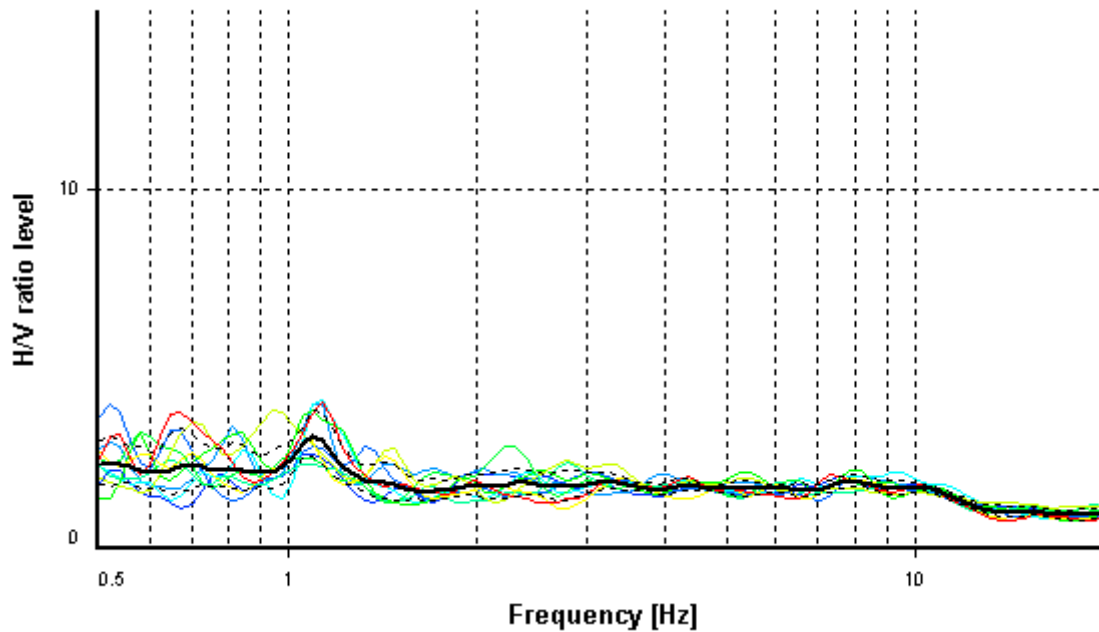
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

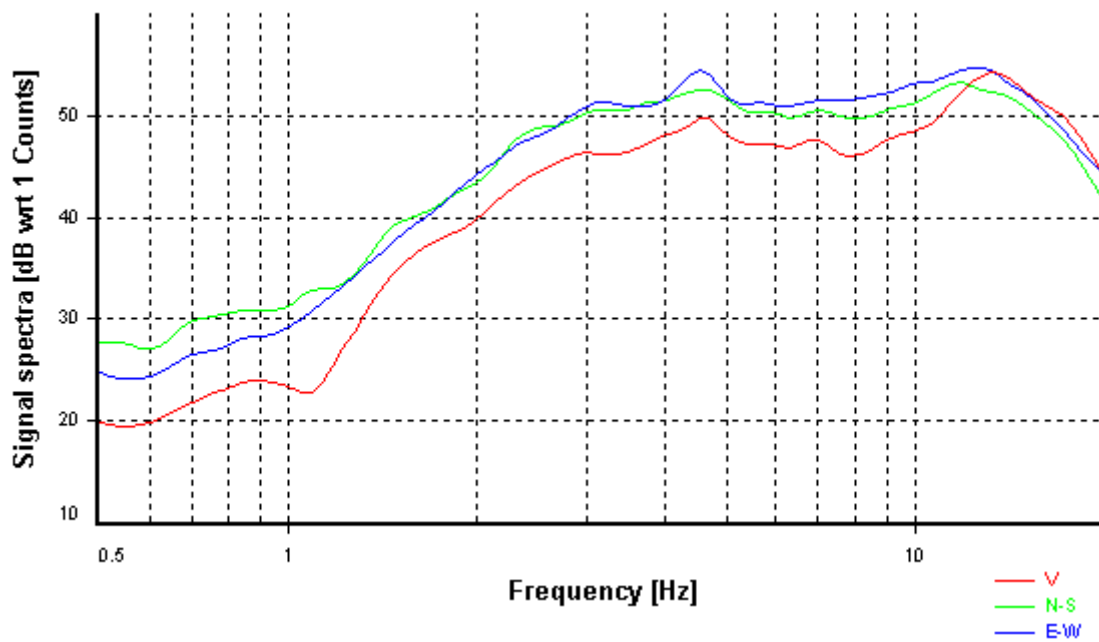
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

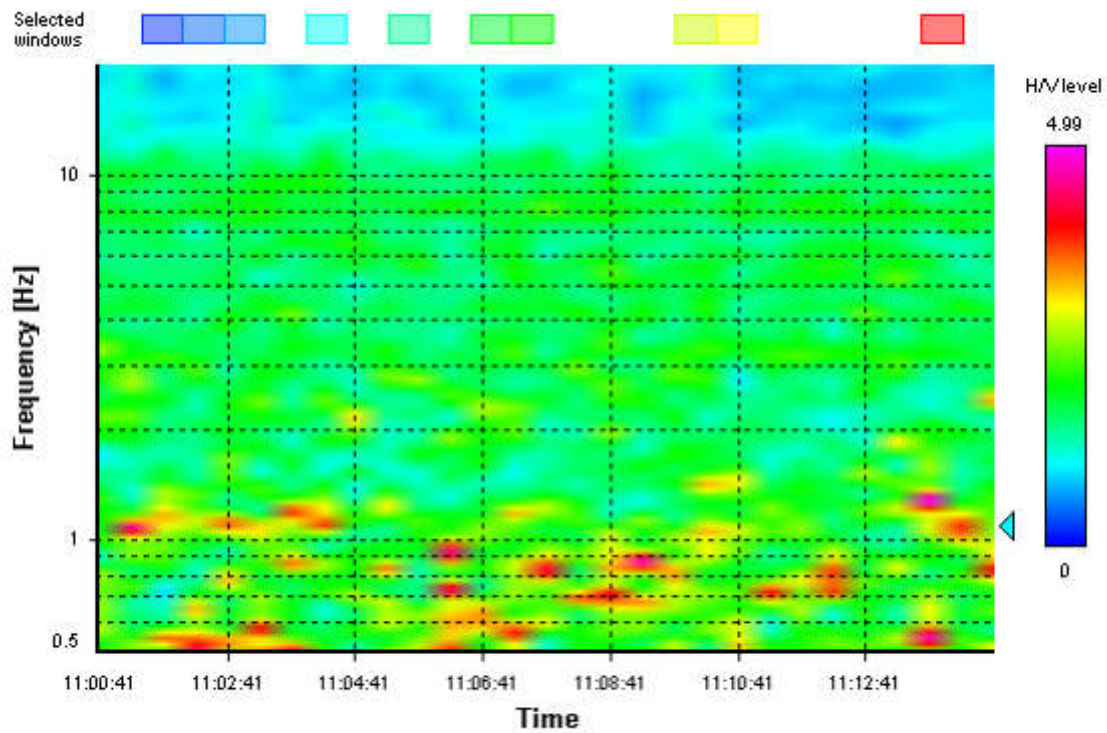
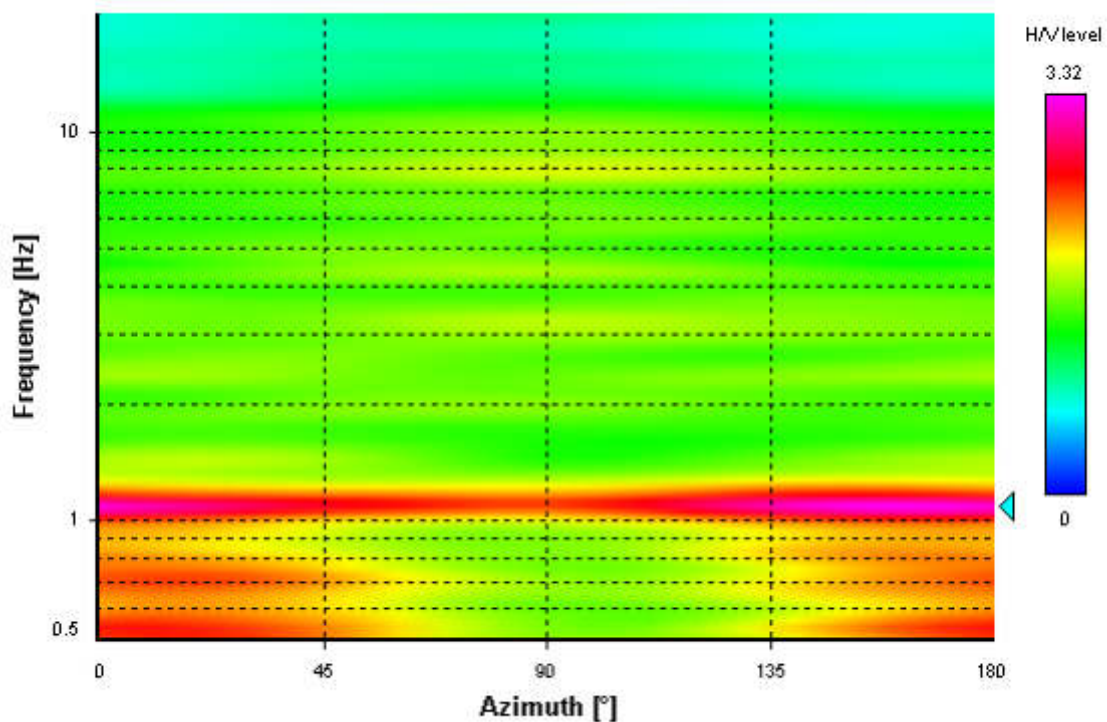
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)**HVSR directional analysis**

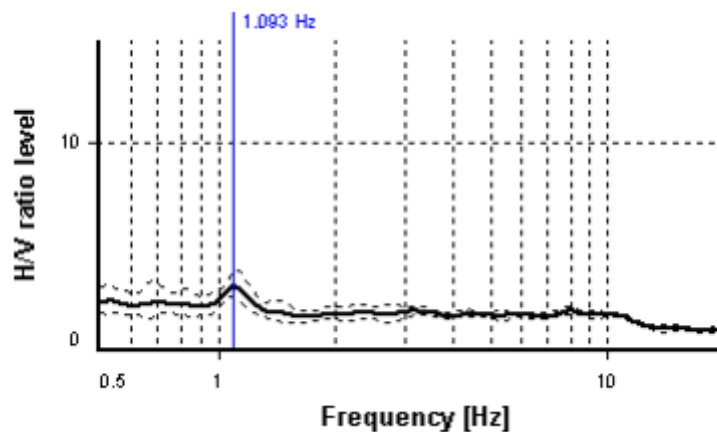
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

1.093 Hz

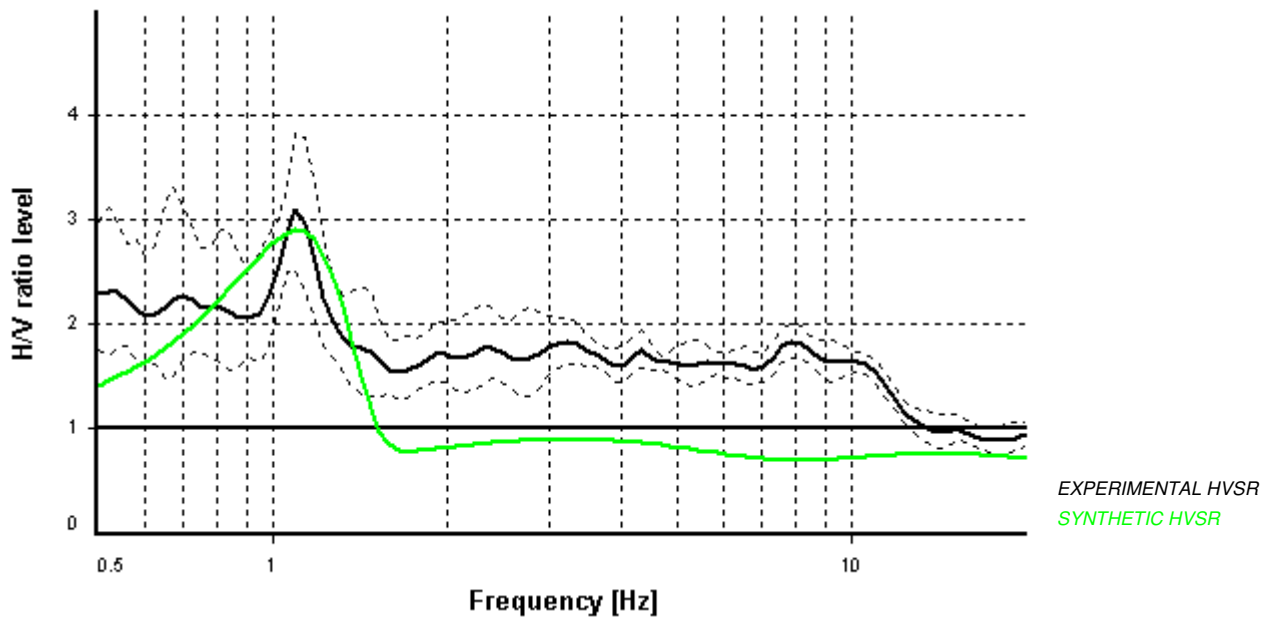
A_0 amplitude = 3.097

Average $f_0 = 1.071 \pm 0.058$

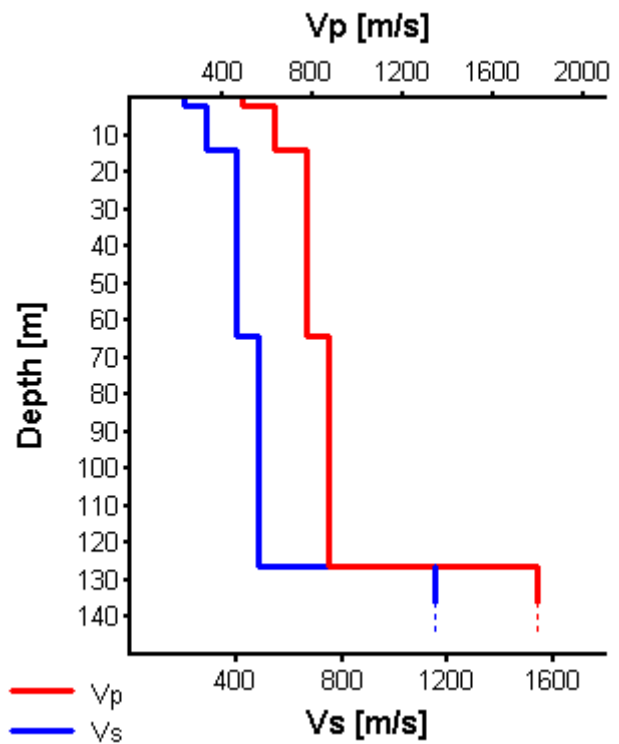


HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	10 valid windows (length > 9.15 s) out of 10	OK
$n_c(f_0) > 200$	437.38 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.64743 Hz	OK
$A_0 > 2$	3.1 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.0583 < 0.10935	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.23282 < 1.78	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
2	2	490	200	1.35
12	14	636	280	1.4
50	64	777	400	1.5
62	126	868	480	1.6
-	> 126	1796	1150	1.8



Vs 30 = 323 m/s (Offset = 0 m)

STATION INFORMATION

Station code: HVSR

Model: SARA GEOBOX

Sensor: SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

Notes: -

PLACE INFORMATION

Place ID: HV4 GARITONE

Address: VIA MIANO - DEPOSITO ANM GARITONE NAPOLI

Latitude: 40.875602°

Longitude: 14.248987°

Coordinate system: WGS84

Elevation: 146 m s.l.m.

Weather: SERENO

Notes: -

SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2021/04/08 10:33:13

Recording length: 20 min

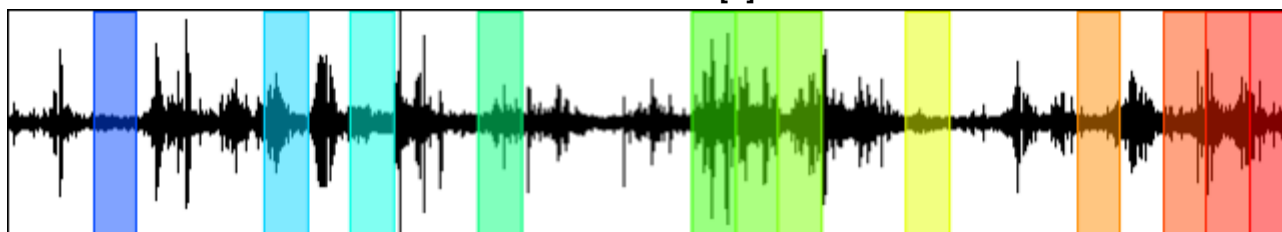
Windows count: 12

Average windows length: 40

Signal coverage: 40%

437709 Counts

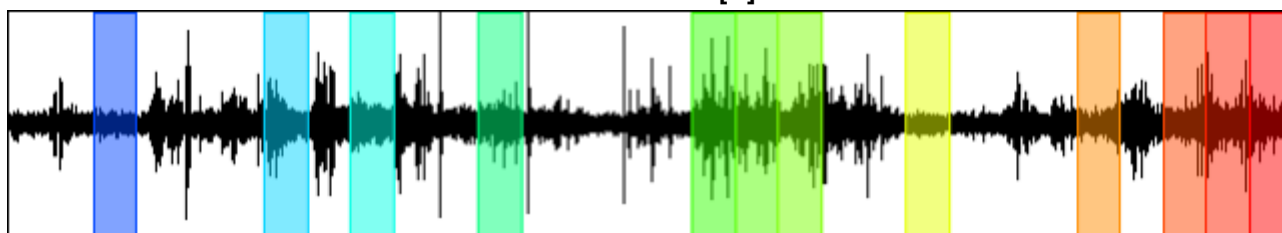
CHANNEL #1 [V]



-435387 Counts

343620 Counts

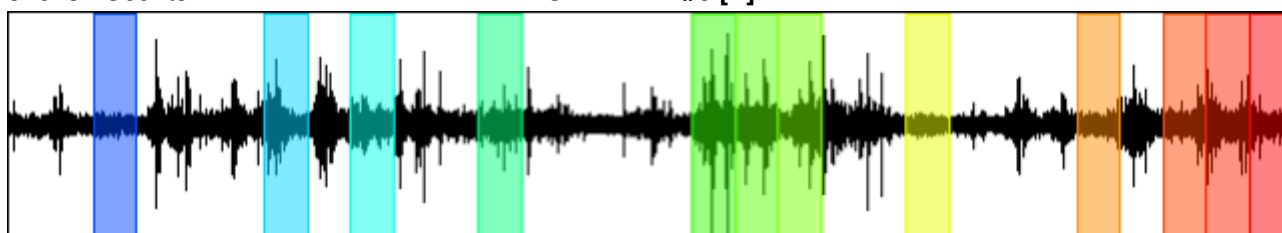
CHANNEL #2 [N]



-294425 Counts

316131 Counts

CHANNEL #3 [E]



-387356 Counts

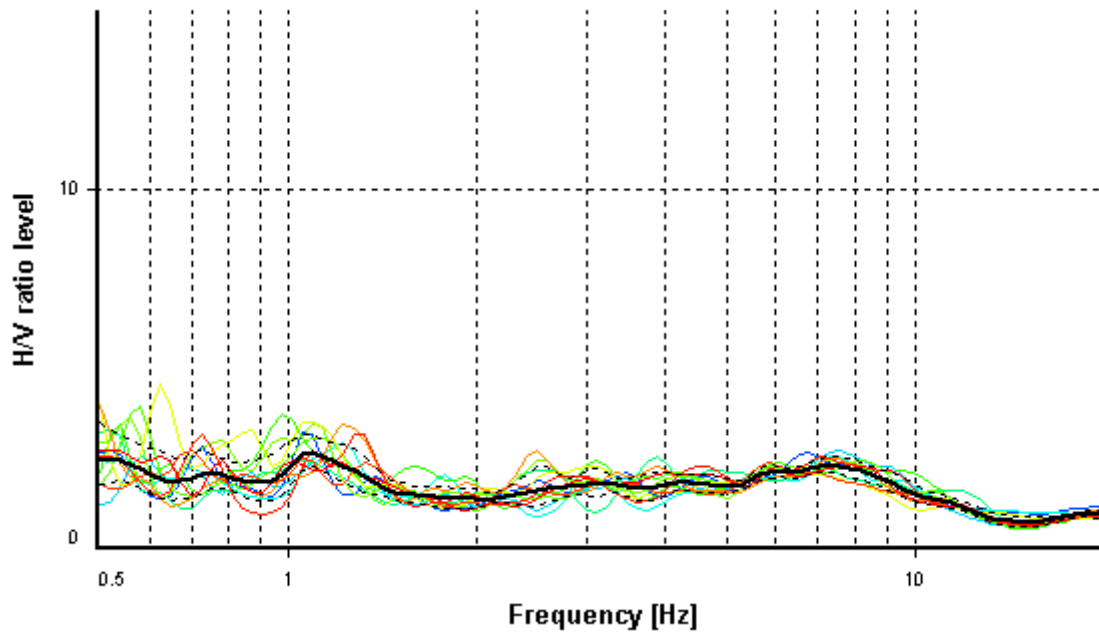
HVSR ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 5%)

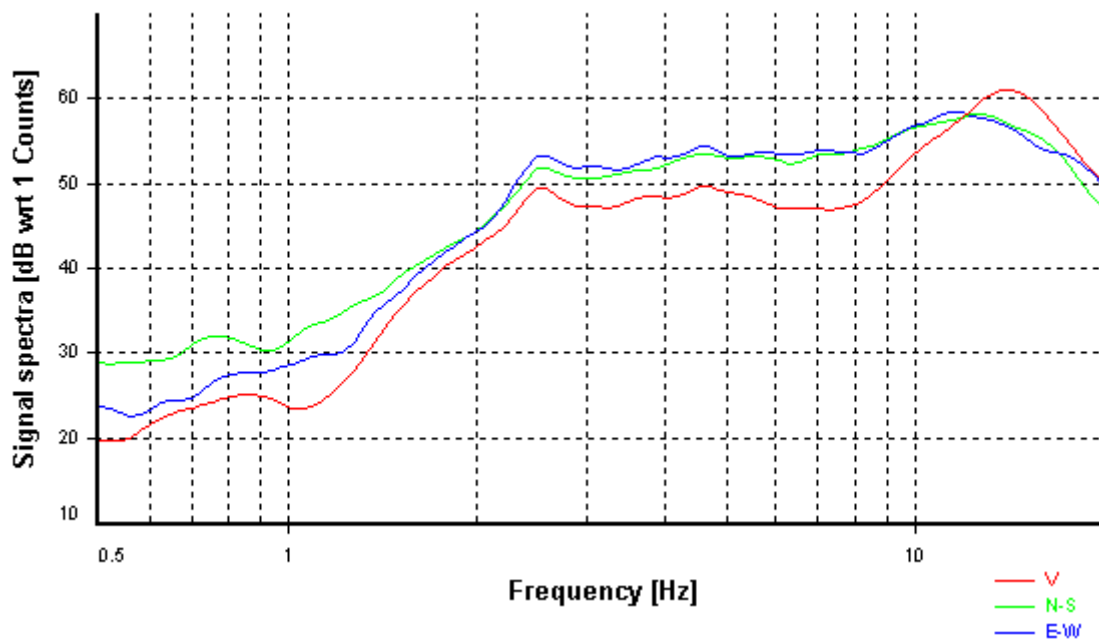
Smoothing: Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

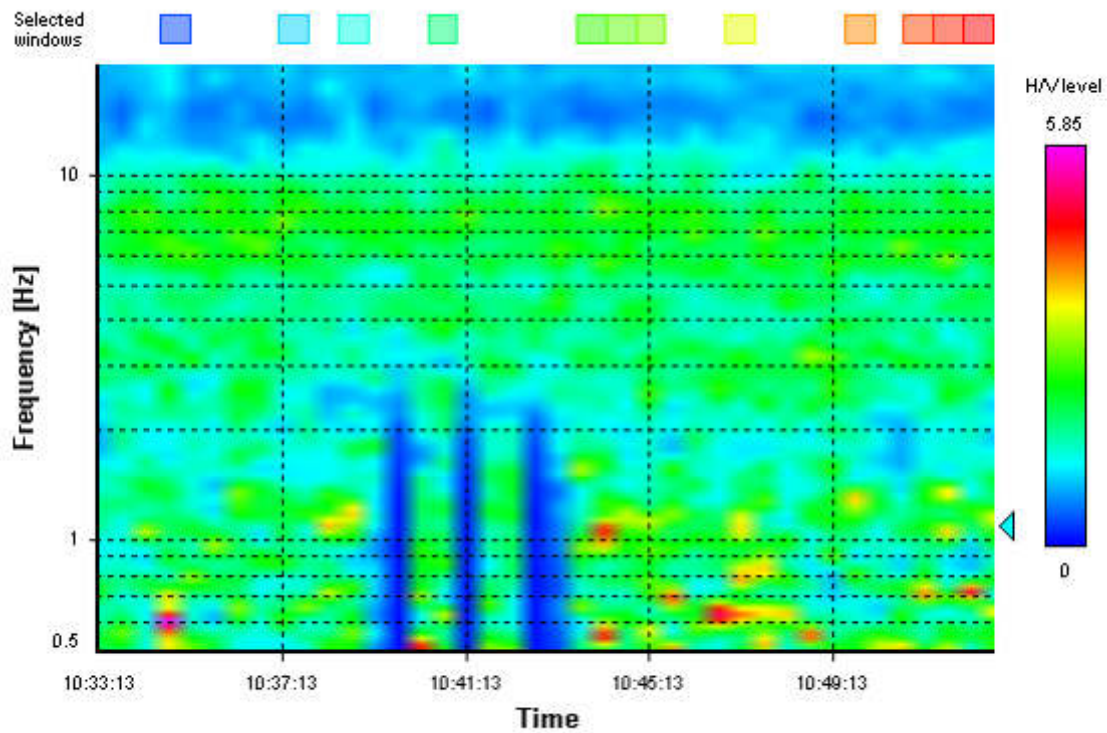
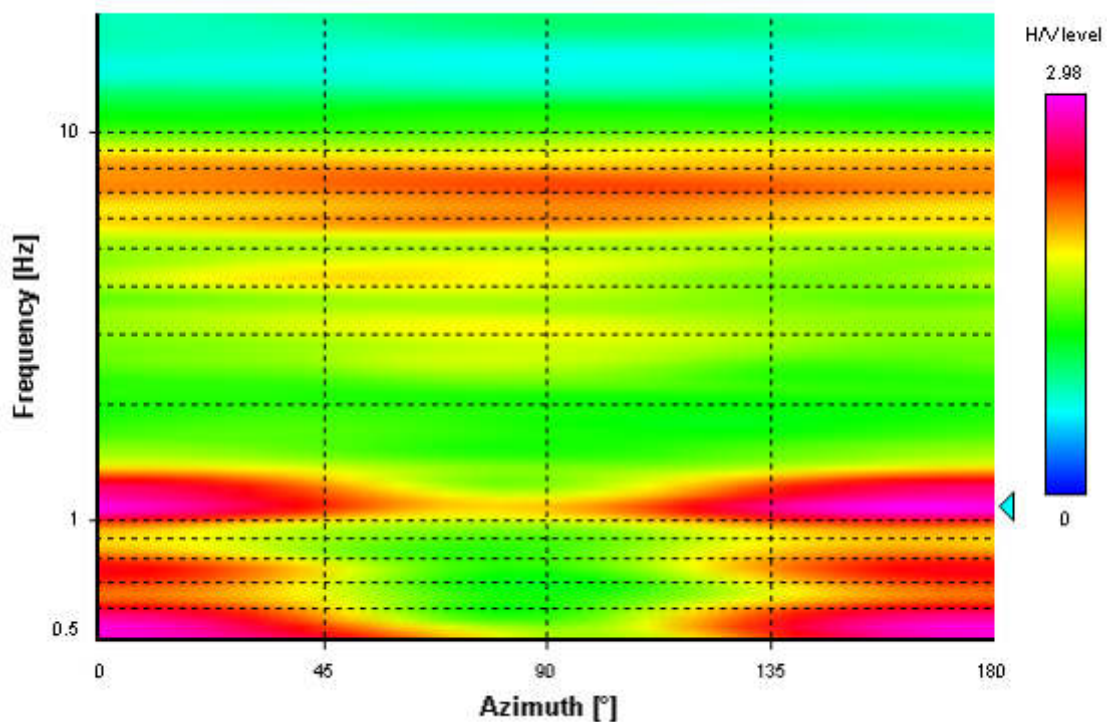
Instrumental correction: Disabled

HVSR average



Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)**HVSR directional analysis**

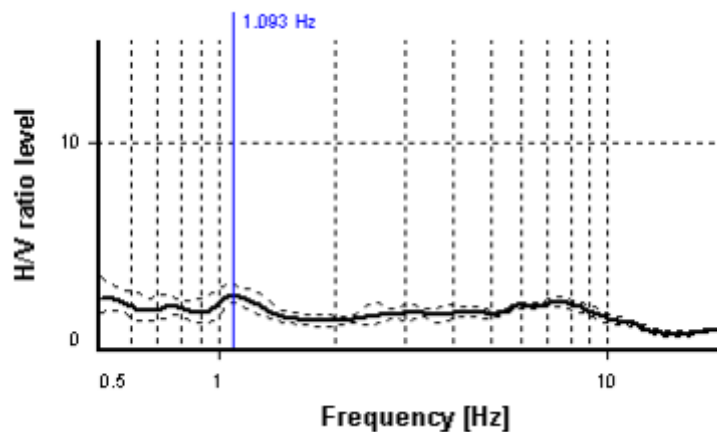
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

1.093 Hz

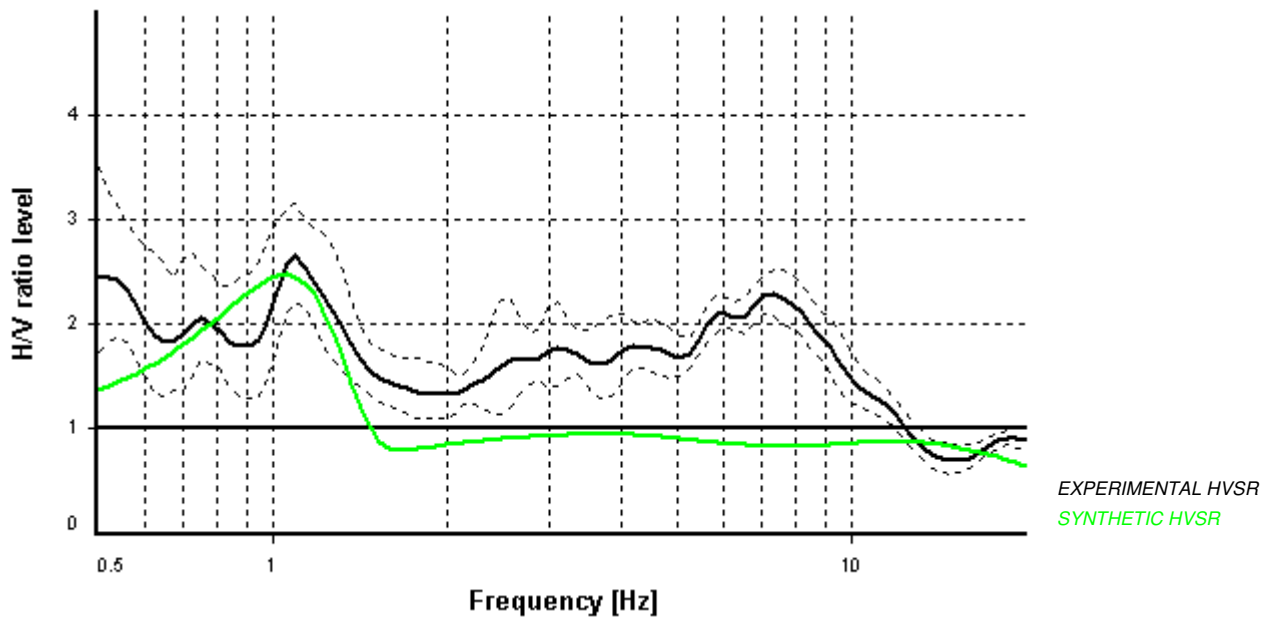
A_0 amplitude = 2.650

Average $f_0 = 1.110 \pm 0.090$

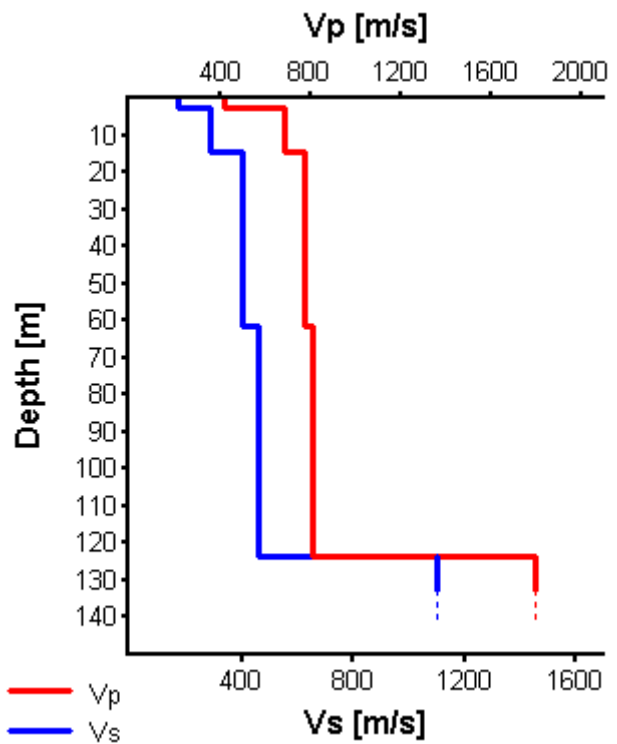


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	12 valid windows (length > 9.15 s) out of 12	OK
$n_c(f_0) > 200$	524.86 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	1.98481 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.65 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.08979 < 0.10935	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.19337 < 1.78	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
2.5	2.5	416	170	1.35
12	14.5	682	290	1.4
47	61.5	777	400	1.5
62	123.5	808	460	1.6
-	> 123.5	1796	1100	1.8



Vs 30 = 316 m/s (Offset = 0 m)

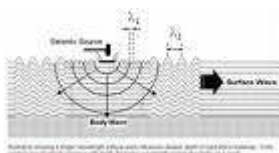
Dr. Gennaro D'Agostino
GEOLOGO

***GEOLOGIA APPLICATA &
AMBIENTALE***

Caratterizzazione sismica dei suoli con metodo

Masw

(Multichannel Analysis of Surface Waves)



Committente	Amministrazione comunale
Cantiere	Via Egiziaca a Pizzofalcone
Comune	NAPOLI

INDICE

-PREMESSA	2
-INDAGINE SISMICA M.A.S.W.	3
-STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	5
-METODOLOGIA OPERATIVA	6
-METODOLOGIA INTERPRETATIVA	7
-ELABORATI MASW	9
-PROFILO DI IN SITO	1

PREMESSA

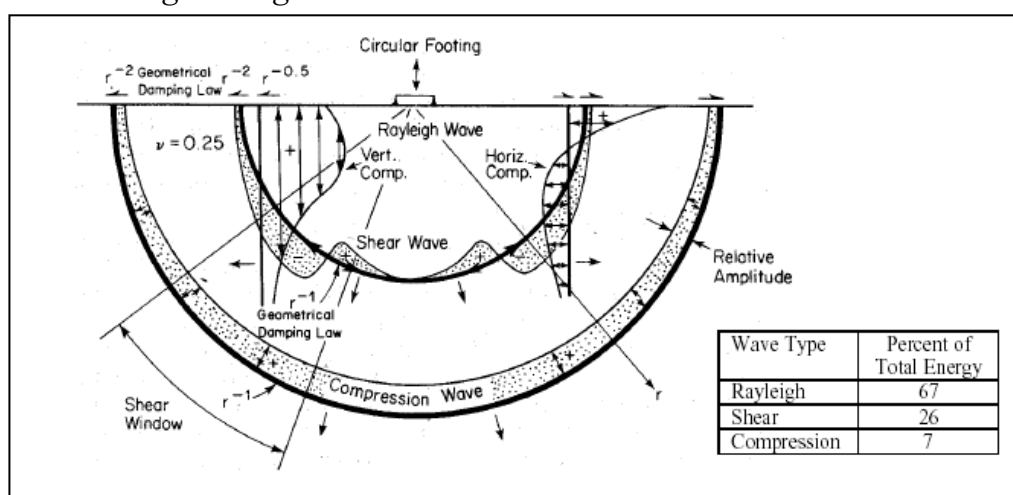
A seguito dell'incarico ricevuto dall' Amministrazione comunale di Napoli, sono state eseguite indagini geofisiche per determinare il valore del V_{S30} , ai sensi dell'D.M. 17 gennaio 2018 e succ. mod. ed integr., per la caratterizzazione sismica del sito in NAPOLI Via Egiziaca a Pizzofalcone.

A tale scopo sono state effettuate le seguenti indagini:

n° 1 profilo sismico tipo *M.A.S.W.* (multichannel analysis of surface waves).

INDAGINE SISMICA M.A.S.W.

Il rilievo geofisico MASW (multichannel analysis of surface waves) è utilizzato per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio (V_s) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con *algoritmi genetici*



Evidenziamo quindi come il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

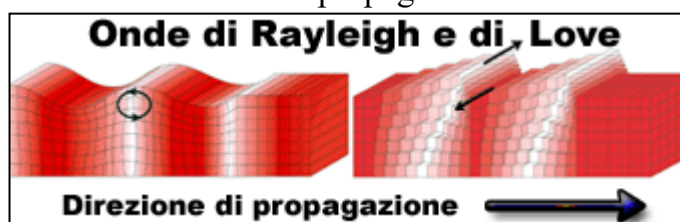


Figura 1: Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki K. And Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente, delle onde Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che le onde, ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, mentre le onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Con il metodo Masw, quindi, le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori che consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo e fino a spingersi ai -30m-50m, in funzione della rigidità del suolo.

Alla fine della nostra indagine Masw e alla sua successiva elaborazione, saremmo quindi in grado di fornire il profilo di velocità delle onde di taglio V_s oltre i 30m. di profondità e di individuare il tipo di suolo sismico in base alla normativa DM 17 Gennaio 2018.

STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

L'indagine è stata eseguita utilizzando un acquisitore digitale multicanale della SARA Electronic Instruments S.r.l. di Perugia, modello DOREMI, con processore Pentium IV esterno, display VGA a colori in LCD-TFT 15". Computer portatile a supporto, trattamento del segnale a 16 bit, trattamento di dati Floating Point 32 bit, supporto di memorizzazione mediante Hard-Disk da 40 Gb, con funzione di incremento multiplo del segnale ed opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" in acquisizione o post-acquisizione; inoltre, i guadagni sono selezionabili da software manualmente per ogni canale o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento. Il trigger è dato da un geofono starter esterno, con possibilità di pre-trigger (0-10 ms). Sono stati utilizzati 24 ricevitori (geofoni) da 4,5 Hz capaci di misurare il campo di moto della direzione verticale, e come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 5 Kg battuta su una piastra metallica.



Figura 2: ESEMPIO DI STENDIMENTO SISMICO
METODOLOGIA OPERATIVA

Acquisire un set di dati per l'indagine MASW non è troppo diverso da una comune acquisizione per un'indagine a rifrazione (o riflessione). E' sufficiente effettuare uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale (martello).

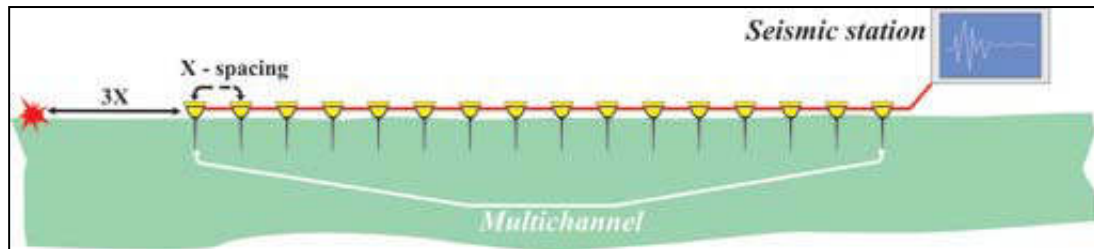


Figura 3: Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo Masw

Il profilo MASW è stato eseguito utilizzando n° 24 geofoni allineati sul terreno con un'interdistanza di 1,00 metro; i punti di scoppio sono stati posizionati ad una delle estremità del profilo a distanze di 2,00 m, 5,00 m e 8,00 m dal geofono n° 1. La scelta dei tre scoppi è stata effettuata per avere la certezza di generare la dispersione delle onde superficiali a prescindere dai differenti litotipi presenti nel sottosuolo dell'area investigata.

METODOLOGIA INTERPRETATIVA

Il software *MASW 2007 dell'Ing. Vitantonio Roma* consente di analizzare dati sismici (*common-shot gathers* acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio).

Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

La procedura si sviluppa in quattro operazioni svolte in successione::

- ✚ Fase 1: inserimento della curva apparente di dispersione sperimentale del terreno o determinazione della stessa a partire dalle tracce misurate in sito
 - ✚ Fase 2: simulazione numerica della curva apparente di dispersione del terreno a partire da un profilo di velocità delle onde di taglio Vs di primo tentativo (profilo iniziale)
 - ✚ Fase 3: determinazione del profilo di velocità finale delle onde di taglio Vs, che rende ottimale la sovrapposizione della curva apparente di dispersione sperimentale e della curva apparente di dispersione simulata numericamente
 - ✚ Fase 4: caratterizzazione geotecnica sismica e determinazione del tipo di suolo sulla base del profilo di velocità finale delle onde di taglio Vs
- Il software MASW è caratterizzato dai seguenti aspetti:
- ✚ Consente di considerare i modi superiori (fino a 50 modi) delle onde di Rayleigh

- ✚ Consente di eseguire sia una ricerca manuale sia una ricerca automatica del profilo di velocità delle onde di taglio V_s
- ✚ Consente di elaborare le tracce misurate per determinare la curva di dispersione sperimentale
- ✚ Consente di calcolare la V_{s30} del sito esaminato
- ✚ Consente di stimare un errore del profilo di velocità V_s sulla base del grado di incertezza dei dati misurati in sito
- ✚ Consente di analizzare siti inversamente dispersivi con forti contrasti di rigidità tra i diversi strati di terreno e/o roccia
- ✚ Consente di considerare l'influenza della falda
- ✚ Consente di mantenere costanti le velocità V_s di alcuni strati e di variare le V_s degli altri strati del profilo stratigrafico

Il principale punto di forza del software utilizzato è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli ottenibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità.

VISUALIZZAZIONE FORMA D'ONDA

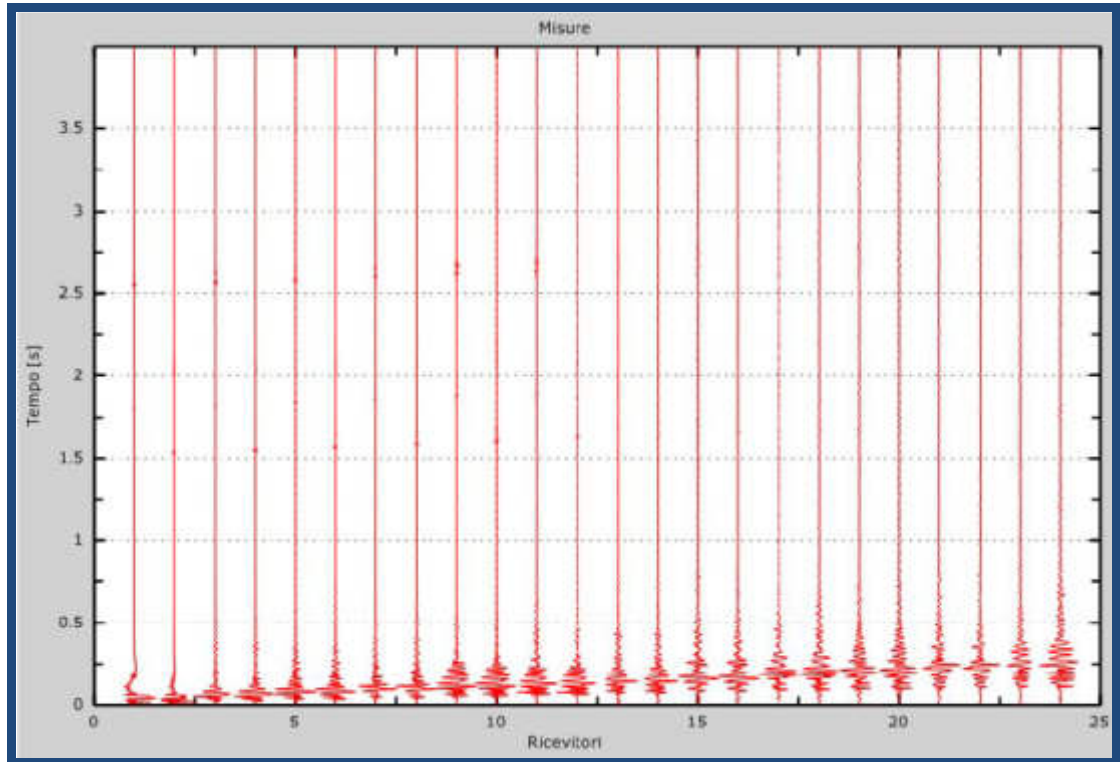


Figura 4:Tracce acquisite in sito – tempo di campinamento 3.5 ms – cons. fino a 24 ricevitori

CURVA DI DISPERSIONE

(CURVA MULTIMODALE: MODI DI RAYLEIGH-APPARENTE EFFETTIVA)

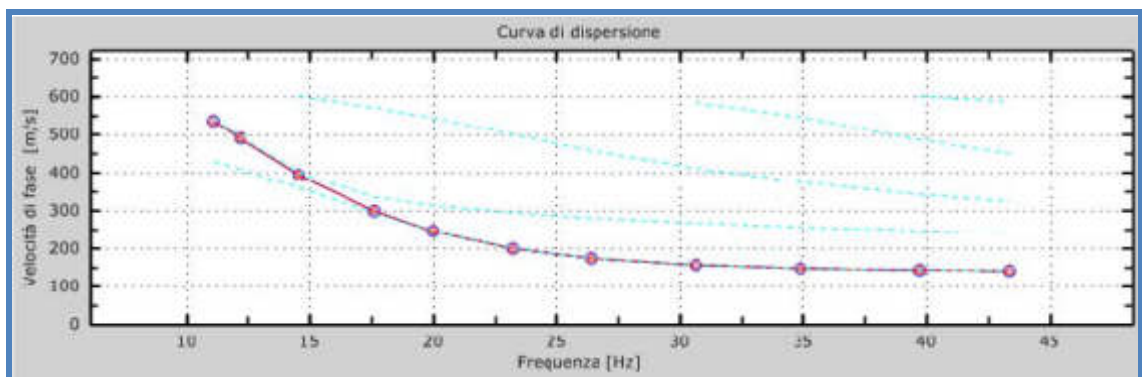
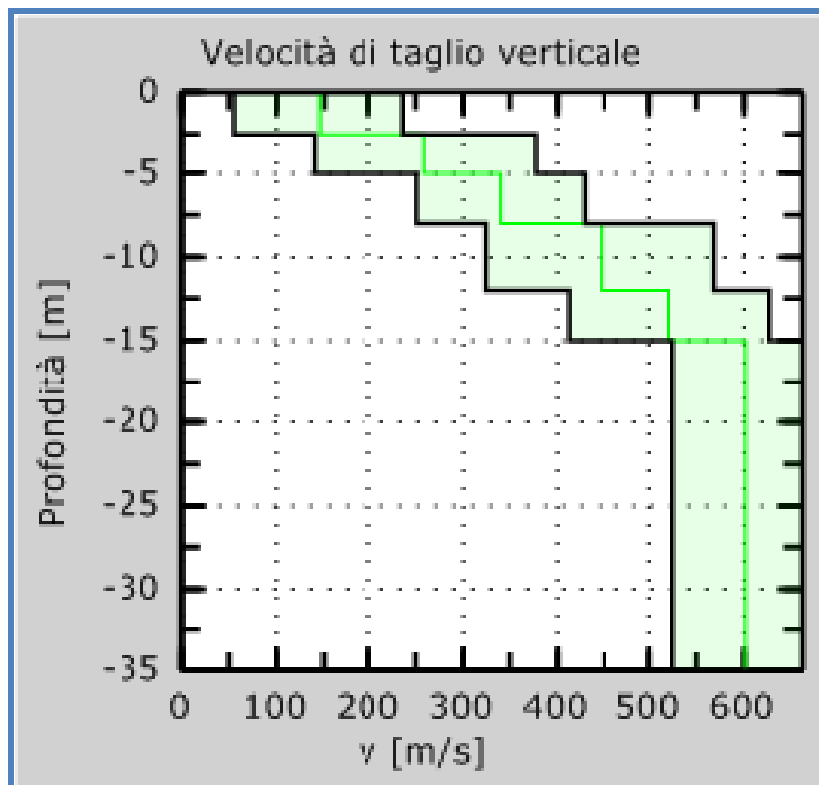


Figura 5:Velocità numeriche: modi di rayleigh (ciano)- curva apparente (blu)- curva numerica (rossa)

GRAFICO VELOCITA' ONDE S

Profilo di velocità dell'onda S con la profondità



PROFILO IN SITO

Sono stati individuati n. 6 sismostrati principali alle seguenti profondità e alle rispettive velocità delle onde S. :

PROFONDITA' z(m)	SPESSORE h(m)	Vs (m/s)
- 2.50	2.50	146
da - 2.50 a - 5	2.50	259
da - 5 a - 8	3	340
da - 8 a -12	4	446
da - 12 a -15	3	520
da - 15 a -35	20	601

Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S hanno portato alla seguente determinazione della V_{s30} a partire dal piano campagna:

Vs30 =	30	398	m/s
	$\Sigma h_i/V_i$		

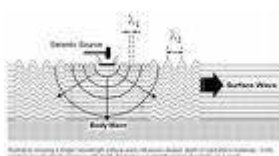
Dr. Luca Dell'Aversana
GEOLOGO

***GEOLOGIA APPLICATA &
AMBIENTALE***

Caratterizzazione sismica dei suoli con metodo

Masw

(Multichannel Analysis of Surface Waves)



Committente	Amministrazione comunale di Napoli
Cantiere	Via Toledo Palazzo Cavalcanti
Comune	Napoli (NA)

INDICE

-PREMESSA	2
-INDAGINE SISMICA M.A.S.W.	2
-STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	3
-METODOLOGIA OPERATIVA	4
-METODOLOGIA INTERPRETATIVA	4
-ELABORATI MASW	6

PREMESSA

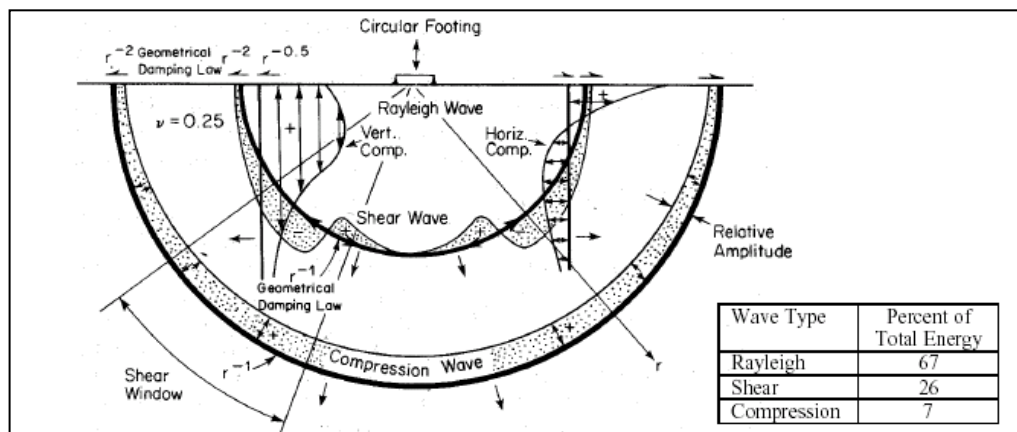
A seguito dell'incarico ricevuto dall' Amministrazione comunale di Napoli, sono state eseguite indagini geofisiche per determinare il valore del V_{S30} , ai sensi dell'D.M. 17 gennaio 2018 e succ. mod. ed integr., per il progetto di caratterizzazione sismica del sito in Napoli (NA) Via Toledo Palazzo Cavalcanti

A tale scopo sono state effettuate le seguenti indagini:

- n° 1 profilo sismico tipo *M.A.S.W.* (multichannel analysis of surface waves).

INDAGINE SISMICA M.A.S.W.

Il rilievo geofisico MASW (multichannel analysis of surface waves) è utilizzato per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio (V_s) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con *algoritmi genetici*



Evidenziamo quindi come il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

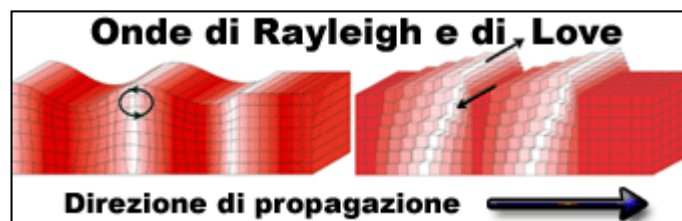


Figura 1: Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki K. And Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente, delle onde Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che le onde, ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più

superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, mentre le onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Con il metodo Masw, quindi, le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori che consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo e fino a spingersi ai -30m-50m, in funzione della rigidità del suolo.

Alla fine della nostra indagine Masw e alla sua successiva elaborazione, saremmo quindi in grado di fornire il profilo di velocità delle onde di taglio V_s oltre i 30m. di profondità e di individuare il tipo di suolo sismico in base alla normativa DM 17 Gennaio 2018.

STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

L'indagine è stata eseguita utilizzando un acquisitore digitale multicanale della SARA Electronic Instruments S.r.l. di Perugia, modello DOREMI, con processore Pentium IV esterno, display VGA a colori in LCD-TFT 15". Computer portatile a supporto, trattamento del segnale a 16 bit, trattamento di dati Floating Point 32 bit, supporto di memorizzazione mediante Hard-Disk da 40 Gb, con funzione di incremento multiplo del segnale ed opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" in acquisizione o post-acquisizione; inoltre, i guadagni sono selezionabili da software manualmente per ogni canale o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento. Il trigger è dato da un geofono starter esterno, con possibilità di pre-trigger (0-10 ms).

Sono stati utilizzati 24 ricevitori (geofoni) da 4,5 Hz capaci di misurare il campo di moto della direzione verticale, e come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 5 Kg battuta su una piastra metallica.



Figura 2: ESEMPIO DI STENDIMENTO SISMICO

METODOLOGIA OPERATIVA

Acquisire un set di dati per l'indagine MASW non è troppo diverso da una comune acquisizione per un'indagine a rifrazione (o riflessione). E' sufficiente effettuare uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale (martello).

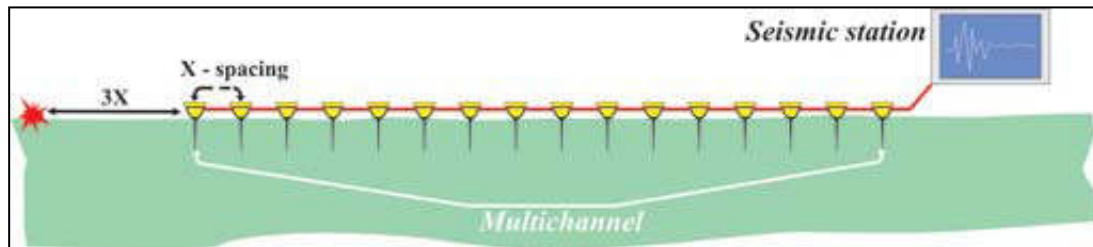


Figura 3: Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo Masw

Il profilo MASW è stato eseguito utilizzando n° 24 geofoni allineati sul terreno con un'interdistanza di 1,00 metro; i punti di scoppio sono stati posizionati ad una delle estremità del profilo a distanze di 2,00 m, 5,00 m e 8,00 m dal geofono n° 1. La scelta dei tre scoppi è stata effettuata per avere la certezza di generare la dispersione delle onde superficiali a prescindere dai differenti litotipi presenti nel sottosuolo dell'area investigata.

METODOLOGIA INTERPRETATIVA

Il software *MASW 2007 dell'Ing. Vitantonio Roma* consente di analizzare dati sismici (*common-shot gathers* acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della V_s (velocità delle onde di taglio).

Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

La procedura si sviluppa in quattro operazioni svolte in successione::

- Fase 1: inserimento della curva apparente di dispersione sperimentale del terreno o determinazione della stessa a partire dalle tracce misurate in sito
- Fase 2: simulazione numerica della curva apparente di dispersione del terreno a partire da un profilo di velocità delle onde di taglio V_s di primo tentativo (profilo iniziale)
- Fase 3: determinazione del profilo di velocità finale delle onde di taglio V_s , che rende ottimale la sovrapposizione della curva apparente di dispersione sperimentale e della curva apparente di dispersione simulata numericamente
- Fase 4: caratterizzazione geotecnica sismica e determinazione del tipo di suolo sulla base del profilo di velocità finale delle onde di taglio V_s

Il software MASW è caratterizzato dai seguenti aspetti:

- ✚ Consente di considerare i modi superiori (fino a 50 modi) delle onde di Rayleigh
- ✚ Consente di eseguire sia una ricerca manuale sia una ricerca automatica del profilo di velocità delle onde di taglio Vs
- ✚ Consente di elaborare le tracce misurate per determinare la curva di dispersione sperimentale
- ✚ Consente di calcolare la Vs30 del sito esaminato
- ✚ Consente di stimare un errore del profilo di velocità Vs sulla base del grado di incertezza dei dati misurati in sito
- ✚ Consente di analizzare siti inversamente dispersivi con forti contrasti di rigidità tra i diversi strati di terreno e/o roccia
- ✚ Consente di considerare l'influenza della falda
- ✚ Consente di mantenere costanti le velocità Vs di alcuni strati e di variare le Vs degli altri strati del profilo stratigrafico

Il principale punto di forza del software utilizzato è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli ottenibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità.

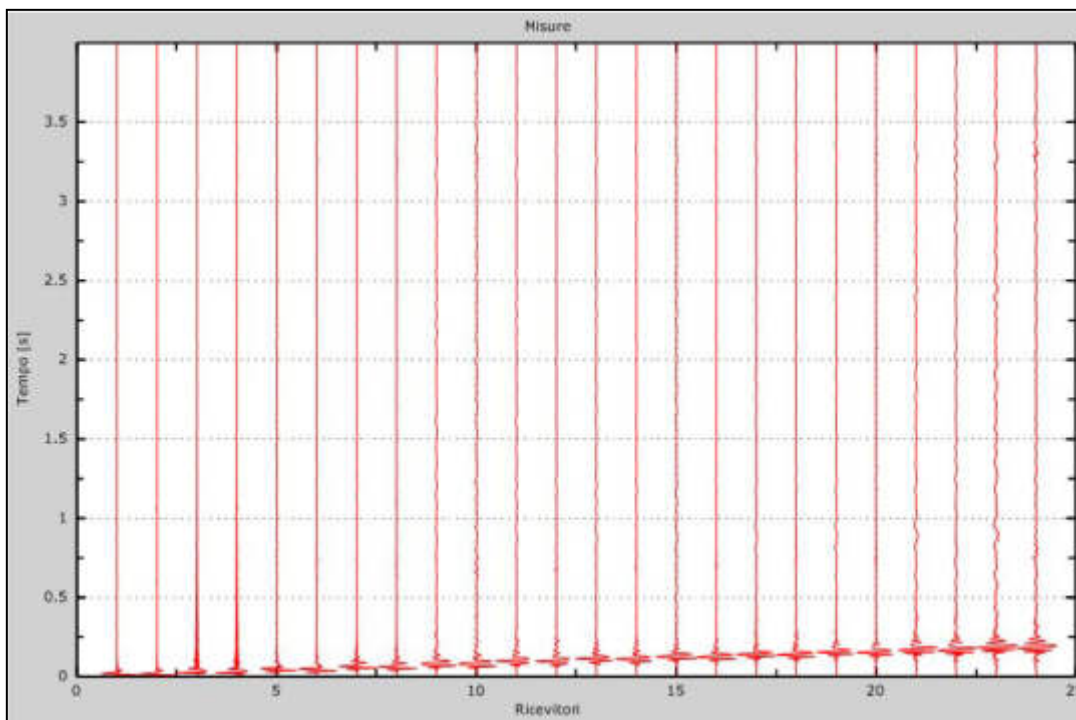
ELABORATI M.A.S.W.**Calcoli e grafici software Masw2007 Ing. Roma Vitantonio****VISUALIZZAZIONE FORMA D'ONDA**

Figura 4: Tracce acquisite in sito – tempo di campionamento 3.5 ms – cons. fino a 24 ricevitori

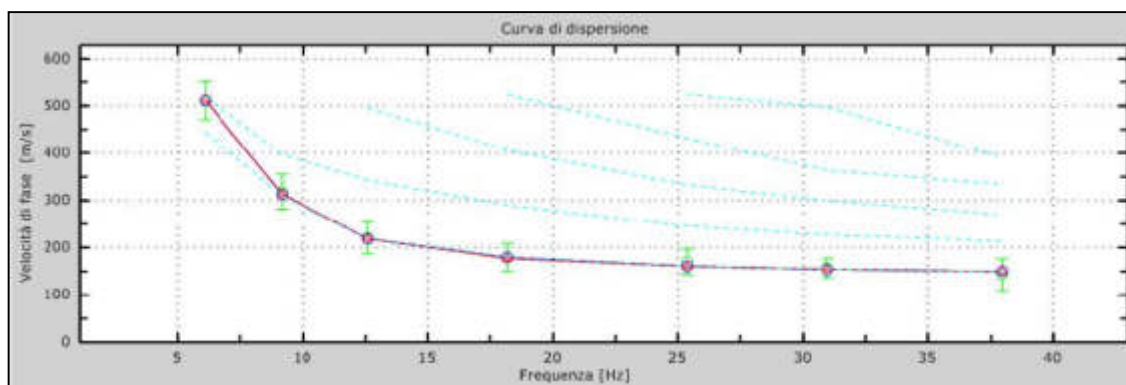
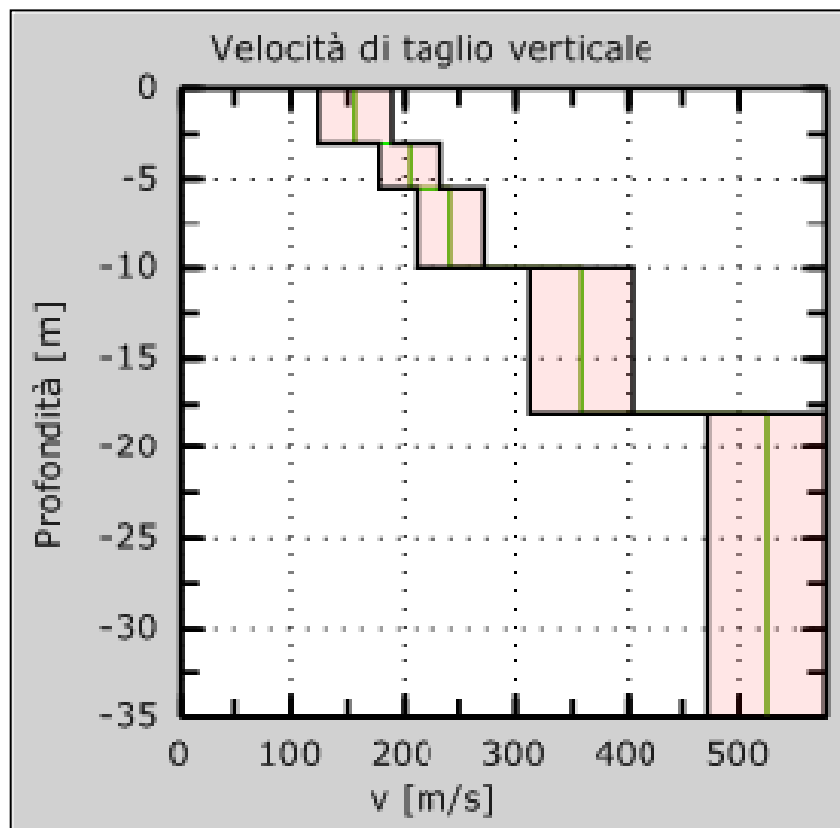
CURVA DI DISPERSIONE**(CURVA MULTIMODALE: MODI DI RAYLEIGH-APPARENTE EFFETTIVA)**

Figura 5: Velocità numeriche: modi di rayleigh (ciano)- curva apparente (blu)- curva numerica (rossa)

GRAFICO VELOCITA' ONDE S

Profilo di velocità dell'onda S con la profondità



Profilo di velocità Vs iniziale e finale

PROFILO IN SITO

Sono stati individuati n. 5 sismostrati principali alle seguenti profondità e alle rispettive velocità delle onde S. :

PROFONDITA' z(m)	SPESSORE h(m)	Vs (m/s)
- 3	3	156
da - 3 a - 5.50	2.50	205
da - 5.50 a - 10	4.50	242
da - 10 a - 18	8	358
da - 18 a - 35	17	524

Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S hanno portato alla seguente determinazione della $V_{s_{eq}}$ a partire dal piano campagna:

Vs30 =	30	314	m/s
	$\Sigma h_i/V_i$		

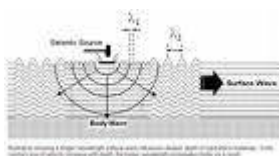
Dr. Luca Dell'Aversana
GEOLOGO

***GEOLOGIA APPLICATA &
AMBIENTALE***

Caratterizzazione sismica dei suoli con metodo

Masw

(Multichannel Analysis of Surface Waves)



Committente	Amministrazione comunale di Napoli
Cantiere	Piazza Museo Nazionale – Galleria Principe di Napoli
Comune	Napoli (NA)

INDICE

-PREMESSA	2
-INDAGINE SISMICA M.A.S.W.	2
-STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	3
-METODOLOGIA OPERATIVA	4
-METODOLOGIA INTERPRETATIVA	4
-ELABORATI MASW	6

PREMESSA

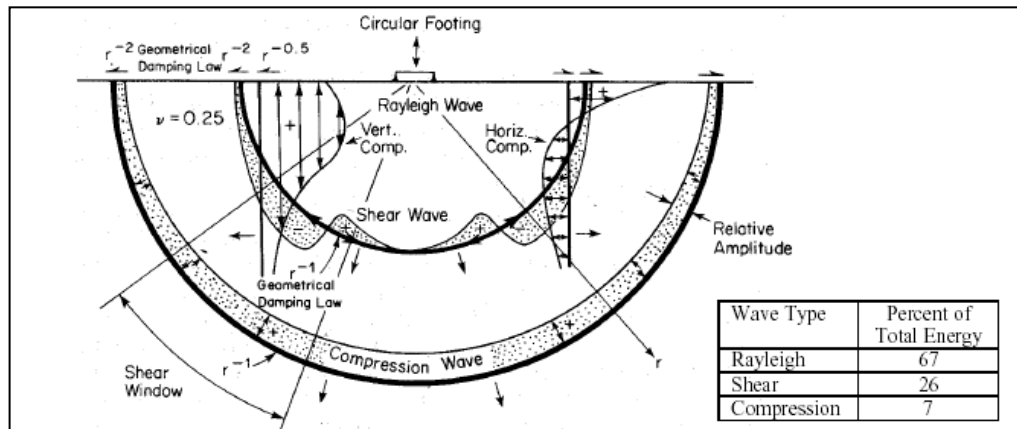
A seguito dell'incarico ricevuto dall' Amministrazione comunale di Napoli, sono state eseguite indagini geofisiche per determinare il valore del V_{S30} , ai sensi dell'D.M. 17 gennaio 2018 e succ. mod. ed integr., per il progetto di caratterizzazione sismica del sito in Napoli (NA) Piazza Museo Nazionale – Galleria Principe di Napoli

A tale scopo sono state effettuate le seguenti indagini:

- n° 1 profilo sismico tipo *M.A.S.W.* (multichannel analysis of surface waves).

INDAGINE SISMICA M.A.S.W.

Il rilievo geofisico MASW (multichannel analysis of surface waves) è utilizzato per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio (V_s) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con *algoritmi genetici*



Evidenziamo quindi come il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

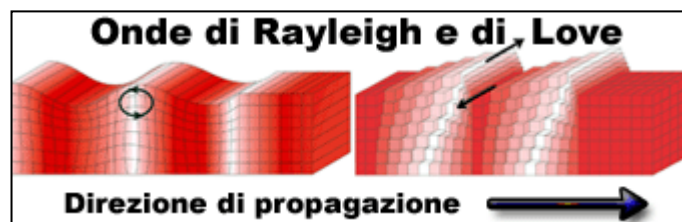


Figura 1: Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki K. And Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente, delle onde Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che le onde, ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, mentre le onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Con il metodo Masw, quindi, le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori che consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo e fino a spingersi ai -30m-50m, in funzione della rigidità del suolo.

Alla fine della nostra indagine Masw e alla sua successiva elaborazione, saremmo quindi in grado di fornire il profilo di velocità delle onde di taglio V_s oltre i 30m. di profondità e di individuare il tipo di suolo sismico in base alla normativa DM 17 Gennaio 2018.

STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

L'indagine è stata eseguita utilizzando un acquisitore digitale multicanale della SARA Electronic Instruments S.r.l. di Perugia, modello DOREMI, con processore Pentium IV esterno, display VGA a colori in LCD-TFT 15". Computer portatile a supporto, trattamento del segnale a 16 bit, trattamento di dati Floating Point 32 bit, supporto di memorizzazione mediante Hard-Disk da 40 Gb, con funzione di incremento multiplo del segnale ed opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" in acquisizione o post-acquisizione; inoltre, i guadagni sono selezionabili da software manualmente per ogni canale o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento. Il trigger è dato da un geofono starter esterno, con possibilità di pre-trigger (0-10 ms).

Sono stati utilizzati 24 ricevitori (geofoni) da 4,5 Hz capaci di misurare il campo di moto della direzione verticale, e come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 5 Kg battuta su una piastra metallica.



Figura 2: ESEMPIO DI STENDIMENTO SISMICO

METODOLOGIA OPERATIVA

Acquisire un set di dati per l'indagine MASW non è troppo diverso da una comune acquisizione per un'indagine a rifrazione (o riflessione). E' sufficiente effettuare uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale (martello).

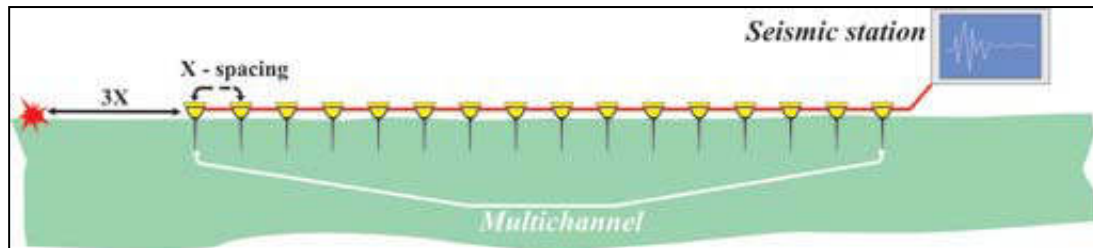


Figura 3: Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo Masw

Il profilo MASW è stato eseguito utilizzando n° 24 geofoni allineati sul terreno con un'interdistanza di 1,00 metro; i punti di scoppio sono stati posizionati ad una delle estremità del profilo a distanze di 2,00 m, 5,00 m e 8,00 m dal geofono n° 1. La scelta dei tre scoppi è stata effettuata per avere la certezza di generare la dispersione delle onde superficiali a prescindere dai differenti litotipi presenti nel sottosuolo dell'area investigata.

METODOLOGIA INTERPRETATIVA

Il software *MASW 2007 dell'Ing. Vitantonio Roma* consente di analizzare dati sismici (*common-shot gathers* acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio).

Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

La procedura si sviluppa in quattro operazioni svolte in successione::

- Fase 1: inserimento della curva apparente di dispersione sperimentale del terreno o determinazione della stessa a partire dalle tracce misurate in sito
- Fase 2: simulazione numerica della curva apparente di dispersione del terreno a partire da un profilo di velocità delle onde di taglio Vs di primo tentativo (profilo iniziale)
- Fase 3: determinazione del profilo di velocità finale delle onde di taglio Vs, che rende ottimale la sovrapposizione della curva apparente di dispersione sperimentale e della curva apparente di dispersione simulata numericamente

- Fase 4: caratterizzazione geotecnica sismica e determinazione del tipo di suolo sulla base del profilo di velocità finale delle onde di taglio Vs

Il software MASW è caratterizzato dai seguenti aspetti:

- ✚ Consente di considerare i modi superiori (fino a 50 modi) delle onde di Rayleigh
- ✚ Consente di eseguire sia una ricerca manuale sia una ricerca automatica del profilo di velocità delle onde di taglio Vs
- ✚ Consente di elaborare le tracce misurate per determinare la curva di dispersione sperimentale
- ✚ Consente di calcolare la Vs30 del sito esaminato
- ✚ Consente di stimare un errore del profilo di velocità Vs sulla base del grado di incertezza dei dati misurati in sito
- ✚ Consente di analizzare siti inversamente dispersivi con forti contrasti di rigidità tra i diversi strati di terreno e/o roccia
- ✚ Consente di considerare l'influenza della falda
- ✚ Consente di mantenere costanti le velocità Vs di alcuni strati e di variare le Vs degli altri strati del profilo stratigrafico

Il principale punto di forza del software utilizzato è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli ottenibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità.

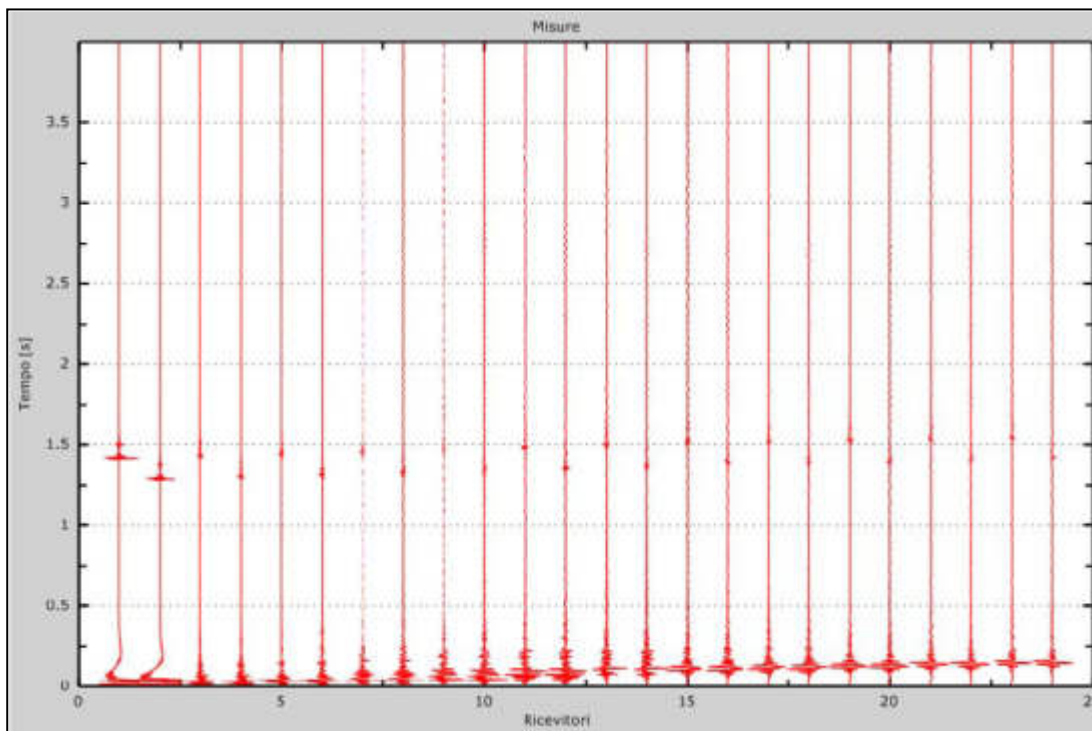
ELABORATI M.A.S.W.**Calcoli e grafici software Masw2007 Ing. Roma Vitantonio****VISUALIZZAZIONE FORMA D'ONDA**

Figura 4: Tracce acquisite in sito – tempo di campionamento 3.5 ms – cons. fino a 24 ricevitori

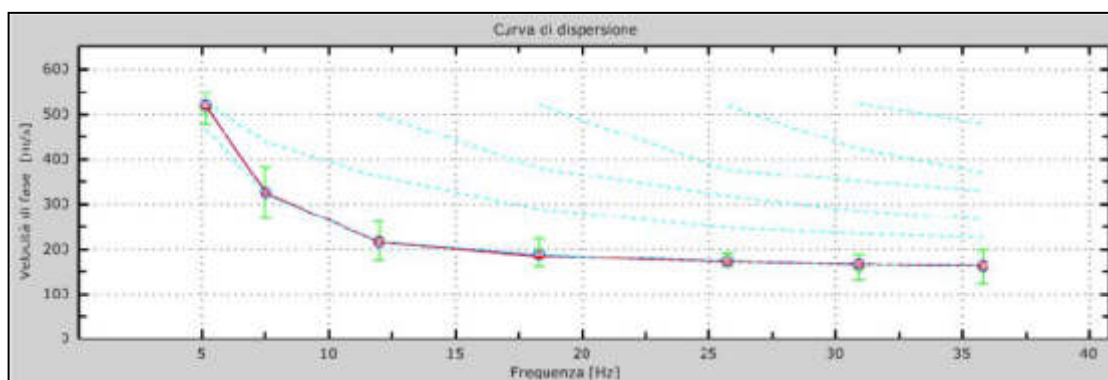
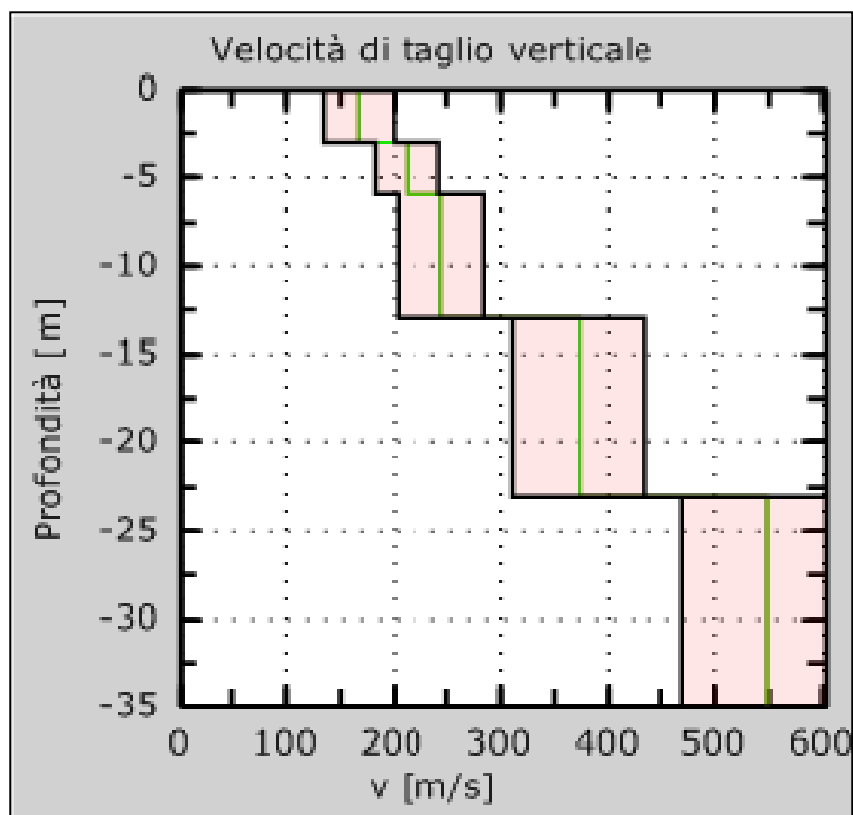
CURVA DI DISPERSIONE**(CURVA MULTIMODALE: MODI DI RAYLEIGH-APPARENTE EFFETTIVA)**

Figura 5: Velocità numeriche: modi di rayleigh (ciano)- curva apparente (blu)- curva numerica (rossa)

GRAFICO VELOCITA' ONDE S

Profilo di velocità dell'onda S con la profondità



Profilo di velocità Vs iniziale e finale

PROFILO IN SITO

Sono stati individuati n. 5 sismostrati principali alle seguenti profondità e alle rispettive velocità delle onde S. :

PROFONDITA' z(m)	SPESSORE h(m)	Vs (m/s)
- 3	3	167
da - 3 a - 6	3	212
da - 6 a - 13	7	244
da - 13 a - 23	10	373
da - 23 a - 35	12	548

Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S hanno portato alla seguente determinazione della V_{seq} a partire dal piano campagna:

Vs30 =	30	298	m/s
	$\Sigma h_i/V_i$		

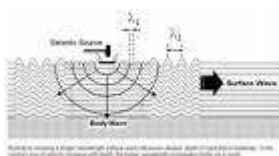
Dr. Luca Dell'Aversana
GEOLOGO

***GEOLOGIA APPLICATA &
AMBIENTALE***

Caratterizzazione sismica dei suoli con metodo

Masw

(Multichannel Analysis of Surface Waves)



Committente	Amministrazione comunale di Napoli
Cantiere	Via Miano – deposito Garittone
Comune	Napoli (NA)

INDICE

-PREMESSA	2
-INDAGINE SISMICA M.A.S.W.	2
-STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	3
-METODOLOGIA OPERATIVA	4
-METODOLOGIA INTERPRETATIVA	4
-ELABORATI MASW	6

PREMESSA

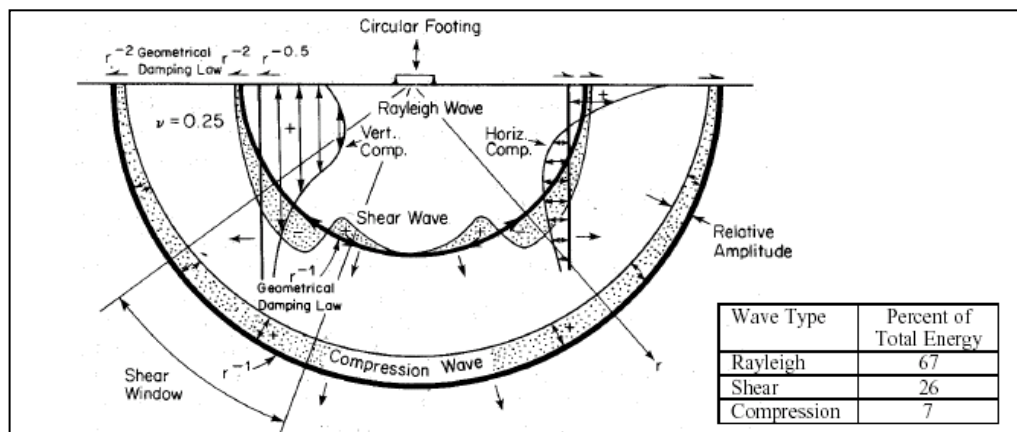
A seguito dell'incarico ricevuto dall' Amministrazione comunale di Napoli, sono state eseguite indagini geofisiche per determinare il valore del V_{S30} , ai sensi dell'D.M. 17 gennaio 2018 e succ. mod. ed integr., per il progetto di caratterizzazione sismica del sito in Napoli (NA) via Miano.

A tale scopo sono state effettuate le seguenti indagini:

- n° 1 profilo sismico tipo *M.A.S.W.* (multichannel analysis of surface waves).

INDAGINE SISMICA M.A.S.W.

Il rilievo geofisico MASW (multichannel analysis of surface waves) è utilizzato per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio (V_s) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con *algoritmi genetici*



Evidenziamo quindi come il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

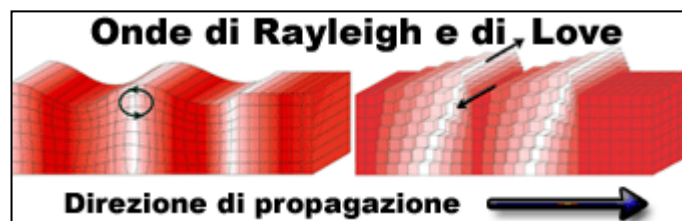


Figura 1: Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki K. And Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente, delle onde Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che le onde, ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più

superficiali e quindi danno informazioni sulla parte piu' superficiale del suolo, mentre le onde a bassa frequenza si propagano negli strati piu' profondi e quindi interessano gli strati piu' profondi del suolo.

Con il metodo Masw, quindi, le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori che consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz , quindi dà informazioni sulla parte piu' superficiale del suolo e fino a spingersi ai -30m-50m, in funzione della rigidità del suolo.

Alla fine della nostra indagine Masw e alla sua successiva elaborazione, saremmo quindi in grado di fornire il profilo di velocità delle onde di taglio V_s oltre i 30m. di profondità e di individuare il tipo di suolo sismico in base alla normativa DM 17 Gennaio 2018.

STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

L'indagine è stata eseguita utilizzando un acquisitore digitale multicanale della SARA Electronic Instruments S.r.l. di Perugia, modello DOREMI, con processore Pentium IV esterno, display VGA a colori in LCD-TFT 15". Computer portatile a supporto , trattamento del segnale a 16 bit, trattamento di dati Floating Point 32 bit, supporto di memorizzazione mediante Hard-Disk da 40 Gb, con funzione di incremento multiplo del segnale ed opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" in acquisizione o post-acquisizione; inoltre, i guadagni sono selezionabili da software manualmente per ogni canale o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento. Il trigger è dato da un geofono starter esterno, con possibilità di pre-trigger (0-10 ms).

Sono stati utilizzati 24 ricevitori (geofoni) da 4,5 Hz capaci di misurare il campo di moto della direzione verticale , e come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 5 Kg battuta su una piastra metallica.



Figura 2: ESEMPIO DI STENDIMENTO SISMICO

METODOLOGIA OPERATIVA

Acquisire un set di dati per l'indagine MASW non è troppo diverso da una comune acquisizione per un'indagine a rifrazione (o riflessione). E' sufficiente effettuare uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale (martello).

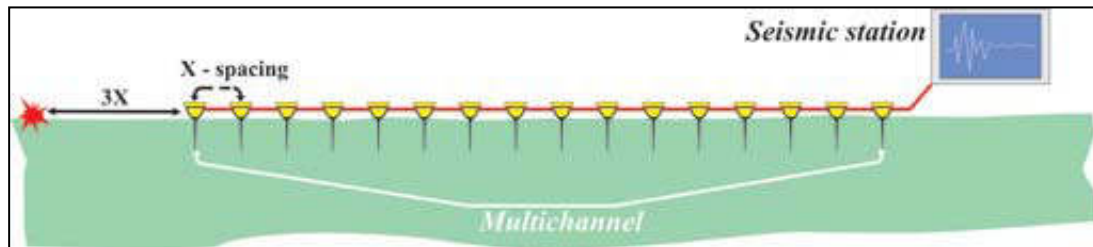


Figura 3: Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo Masw

Il profilo MASW è stato eseguito utilizzando n° 24 geofoni allineati sul terreno con un'interdistanza di 1,00 metro; i punti di scoppio sono stati posizionati ad una delle estremità del profilo a distanze di 2,00 m, 5,00 m e 8,00 m dal geofono n° 1. La scelta dei tre scoppi è stata effettuata per avere la certezza di generare la dispersione delle onde superficiali a prescindere dai differenti litotipi presenti nel sottosuolo dell'area investigata.

METODOLOGIA INTERPRETATIVA

Il software *MASW 2007 dell'Ing. Vitantonio Roma* consente di analizzare dati sismici (*common-shot gathers* acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio).

Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

La procedura si sviluppa in quattro operazioni svolte in successione::

- Fase 1: inserimento della curva apparente di dispersione sperimentale del terreno o determinazione della stessa a partire dalle tracce misurate in sito
- Fase 2: simulazione numerica della curva apparente di dispersione del terreno a partire da un profilo di velocità delle onde di taglio Vs di primo tentativo (profilo iniziale)
- Fase 3: determinazione del profilo di velocità finale delle onde di taglio Vs, che rende ottimale la sovrapposizione della curva apparente di dispersione sperimentale e della curva apparente di dispersione simulata numericamente
- Fase 4: caratterizzazione geotecnica sismica e determinazione del tipo di suolo sulla base del profilo di velocità finale delle onde di taglio Vs

Il software MASW è caratterizzato dai seguenti aspetti:

- ✚ Consente di considerare i modi superiori (fino a 50 modi) delle onde di Rayleigh
- ✚ Consente di eseguire sia una ricerca manuale sia una ricerca automatica del profilo di velocità delle onde di taglio Vs
- ✚ Consente di elaborare le tracce misurate per determinare la curva di dispersione sperimentale
- ✚ Consente di calcolare la Vs30 del sito esaminato
- ✚ Consente di stimare un errore del profilo di velocità Vs sulla base del grado di incertezza dei dati misurati in sito
- ✚ Consente di analizzare siti inversamente dispersivi con forti contrasti di rigidità tra i diversi strati di terreno e/o roccia
- ✚ Consente di considerare l'influenza della falda
- ✚ Consente di mantenere costanti le velocità Vs di alcuni strati e di variare le Vs degli altri strati del profilo stratigrafico

Il principale punto di forza del software utilizzato è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli ottenibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità.

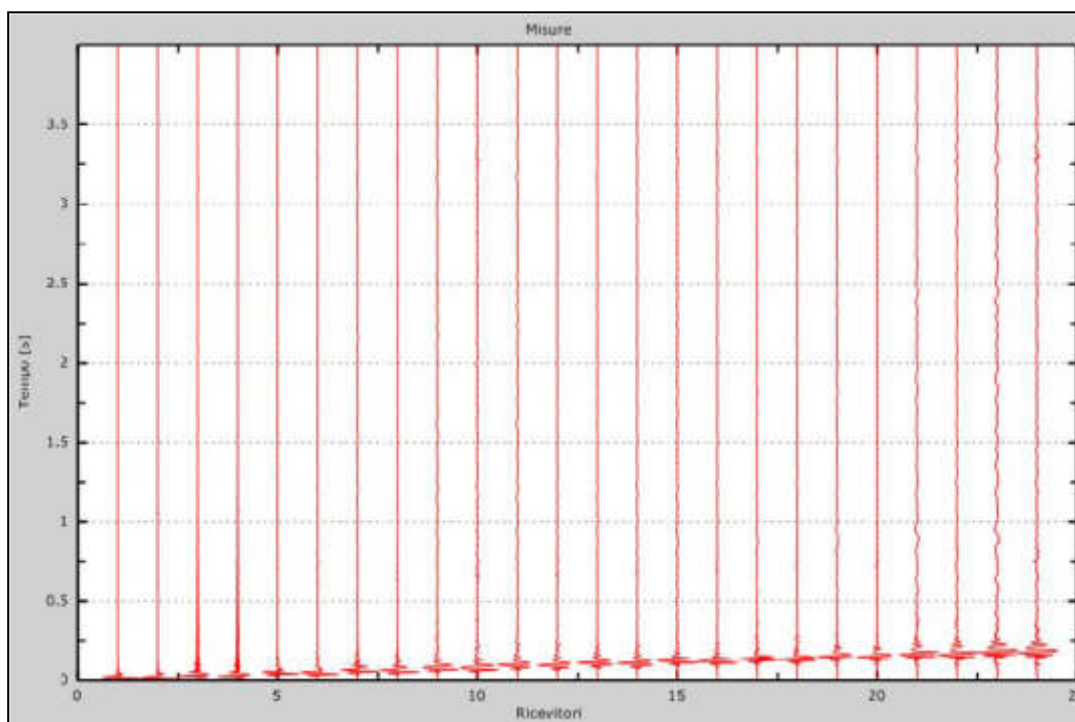
ELABORATI M.A.S.W.**Calcoli e grafici software Masw2007 Ing. Roma Vitantonio****VISUALIZZAZIONE FORMA D'ONDA**

Figura 4: Tracce acquisite in sito – tempo di campionamento 3.5 ms – cons. fino a 24 ricevitori

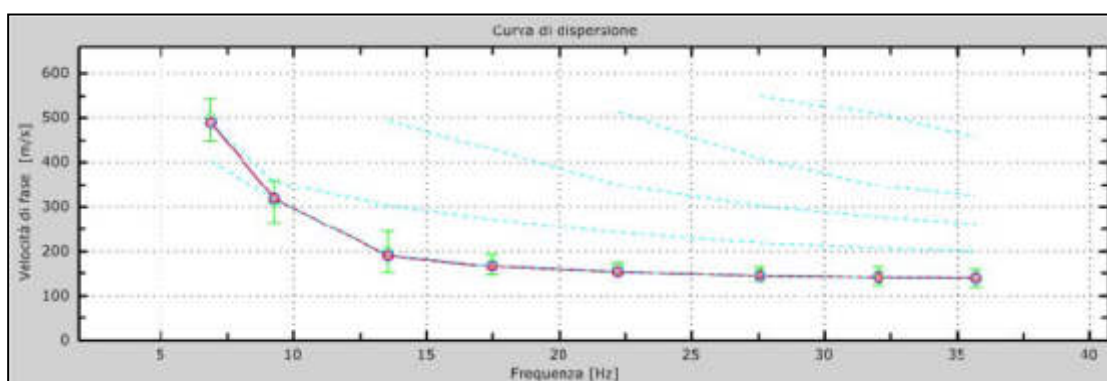
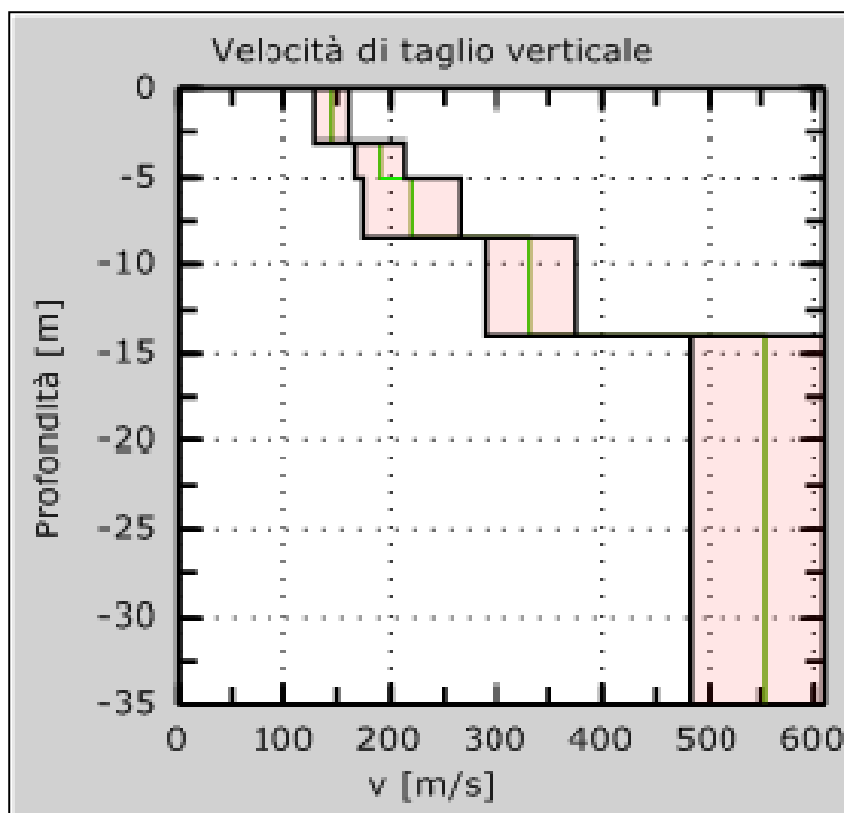
CURVA DI DISPERSIONE**(CURVA MULTIMODALE: MODI DI RAYLEIGH-APPARENTE EFFETTIVA)**

Figura 5: Velocità numeriche: modi di rayleigh (ciano)- curva apparente (blu)- curva numerica (rossa)

GRAFICO VELOCITA' ONDE S

Profilo di velocità dell'onda S con la profondità



Profilo di velocità Vs iniziale e finale

PROFILO IN SITO

Sono stati individuati n. 6 sismostrati principali alle seguenti profondità e alle rispettive velocità delle onde S. :

PROFONDITA' z(m)	SPESSORE h(m)	Vs (m/s)
- 3	3	145
da - 3 a - 5	2	190
da - 5 a - 8.50	3.50	220
da - 8.50 a - 14	5.50	332
da - 14 a - 35	21	554

Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S hanno portato alla seguente determinazione della V_{seq} a partire dal piano campagna:

Vs30 =	30	324	m/s
	$\Sigma h_i/V_i$		

